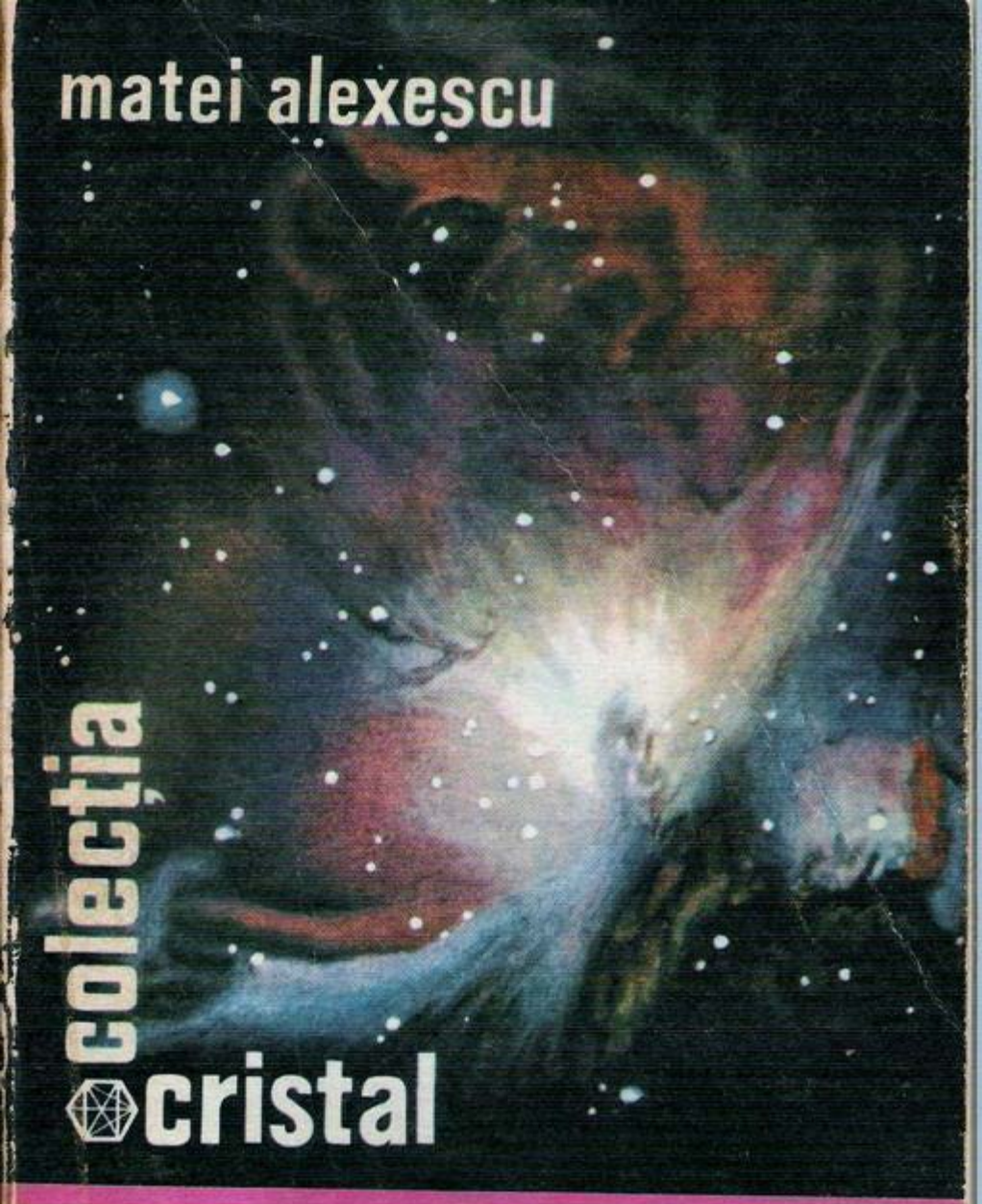
matei alexescu



colecția cristal

CERUL, O CARTE PENTRU TOȚI

EDITURA ALBATROS

COPERTA COLECȚIEI:
GH. MARINESCU

ILUSTRAȚIA COPERTEI:
GRIGORE GEORGESCU

editura albatros

matei alexescu

colecția cristal

CERUL,
O CARTE PENTRU TOȚI

În amintirea
a doi mari entuziaşti
care s-au dedicat
cu toate puterile lor
ştiinţelor despre Univers:
un savant
— academicianul George Demetrescu
— şi un popularizator
— Victor Anestin

CAPITOLUL I

SPECIALIŞTI, AMATORI, DESCOPERIRI

Cînd m-am gîndit în ce măsură ar fi potrivit să scriu o carte destinată celor care se simt atraşi cît de cît de studiul lumii aştrilor, am avut un sentiment de îndoială: cui să mă adresez? Celor avansaţi, care, dispunînd de mai multă vreme de un bagaj de cunoştinţe, sînt posesori încercaţi ai metodologiei şi tehnicilor observaţionale sau celor care pot fi socotiţi ca fiind la început de drum? Aceştia din urmă sînt mult mai numeroşi. Dar, căutînd să le arăt cunoştinţele (considerabil mai amănunţite) pe care ar trebui să şi le însuşească pentru a putea desfăşura o activitate eficientă — deci conturîndu-le munca intensivă necesară pentru a ajunge la un asemenea nivel — în ce măsură vor porni şi, mai cu seamă, cîţi vor ajunge la capătul acestui drum? În orice caz, vreau să vin în sprijinul celor care au nevoie de îndrumări concrete pentru a-şi satisface dorinţa de a *lucra* în domeniul vast al astronomiei, de-a *observa* şi, prin aceasta, de a se încadra în rîndurile numeroşilor astronomi amatori.

Există astăzi în lume sute de asociații, societăți, grupări de astronomi amatori care, observînd stelele variabile și meteorii, fenomenele trecătoare și de scurtă durată care au loc pe unele planete, scrutînd cerul în căutarea cometelor, colaborează strîns cu specialiștii. Știați că, mai ales în ultimii ani, majoritatea cometelor noi au fost descoperite de amatori și nu de către specialiști?

Iată de ce am scris o carte de astronomie menită să fie, pe lîngă altele, și un îndrumar pentru practica astronomică. Nu este vorba de un volum redus la rolul strict de informare științifică, mai ales că nu aprofundează problemele teoretice ale astrofizicii, și nici numai de un simplu manual, un soi de „rețetar" destinat exclusiv astronomilor amatori. Tratarea diferitelor aspecte metodologice legate de observații și prelucrarea lor va fi însoțită — într-un fel chiar motivată — de elemente de astrofizică descriptivă. De asemenea, ferindu-mă de a dubla cele deja publicate în lucrările recent apărute, am căutat să mă opresc numai asupra ultimelor rezultate ale cercetării, lăsînd sarcina documentării de bază acelor lucrări care ar trebui să facă parte din biblioteca fiecăruia.

A manifesta o predilecție deosebită pentru un domeniu sau altul al științei, culturii sau artei este astăzi ceva obișnuit.

Fiecare om poate avea, în timpul liber, și activități sistematice cu caracter aplicativ într-o sferă sau alta, cu obiective bine stabilite. În acest caz, respectivul cetățean nu mai rămîne un simplu beneficiar, ci un factor care caută să contribuie, potrivit posibilităților sale, la progresul disciplinei predilecte: el devine amator în acel domeniu.

Dacă specialistul este omul care și-a făcut din-

mai complicată. El depune o muncă socialmente utilă în alt domeniu decît cel care a început la un moment dat să îl pasioneze, deci timpul necesar satisfacerii acestei noi pasiuni îl ia din timpul său liber. Altfel spus, el caută să contribuie la progresul disciplinei științifice sau tehnice de care se simte atras în mod cu totul și cu totul dezinteresat, singura sa dorință fiind aceea de a se face util specialistului, de a-l ajuta potrivit posibilităților pe care le are. De aceea el apelează la specialist (așa și trebuie) pentru a-și orienta activitatea, pentru ca prin munca depusă să-l sprijine pe acesta, care, de regulă, nu poate acoperi toate necesitățile studiului.

Nu puține sînt dificultățile care stau în fața amatorului. El trebuie să-și asigure baza materială necesară. Coordonarea programului de lucru cu cel al domeniului care îl pasionează nu este totdeauna ușoară (o eclipsă nu are loc numai la ore convenabile), iar studiul strict necesar perfecționării profesionale lasă destul de puțin timp (la fel de necesar) pentru perfecționarea în domeniul de predilecție. Așa se explică, în bună măsură, faptul că destui astronomi amatori manifestă o descurajare tot mai mare în fața piedicilor pe care le întîmpină.

Să nu exagerăm! Raportul bazelor materiale nu este totdeauna egal cu raportul realizărilor, cu cel al eficienței activității. Instrumentul este, fără îndoială, un factor important, dar nu fundamental. Ceea ce primează este *omul*, perseverența sa, modul de orientare în problemele preferate, abordarea lor pe măsura posibilităților și condițiilor materiale.

Uneori amatorii se consacră unor probleme aproape identice celor studiate de către specialiști. Exemplele abundă și sînt de natură să de- 7

monstreze nu numai posibilităţile pe care le are amatorul de a studia cu succes cerul, ci şi faptul că o colaborare între astronomul specialist şi astronomul amator conduce întotdeauna la rezultate valoroase. Iată trei cazuri concrete care mi se par concludente — unul ceva mai vechi, celelalte foarte recente.

Pe la jumătatea secolului trecut, Sherburne Wesley Burnham (1838—1921) nu era decît un ziarist oarecare — un reporter al unui ziar din Chicago. Această ocupaţie nu-l împiedica însă să cerceteze cerul. Cu ajutorul unei lunete de putere mijlocie, procurată în 1870, el a început să caute sistematic stele duble, despre care a şi scris mai tîrziu. Cartea a atras atenţia unor mari astronomi care l-au solicitat pe autor să lucreze la observatoare renumite ca: *Dearborn, Lick, Yerkes* etc. Rezultatul a fost, în afara altora, descoperirea a peste 1 700 de *stele duble* şi *multiple*. Cînd veţi găsi în vreun catalog o stea dublă notată cu un număr precedat de litera grecească β (beta), să ştiţi că este vorba de una descoperită de Burnham.

Iată un alt exemplu.

Sînt binecunoscute dificultăţile întîmpinate de astronomi în rezolvarea problemei duratei de rotaţie a planetei Venus în jurul axei proprii.

Prin anul 1957, astronomul amator Ch. Boyer din Brazzaville, observînd sistematic planeta Venus pe cale fotografică — cu ajutorul unui telescop de 26 cm diametru de construcţie proprie — a pus în evidenţă revenirea periodică a unor pete întunecate pe zona vizibilă (de pe Pămînt) a planetei.

Descoperirea i-a incitat pe specialişti, mai ales pe unii astronomi francezi de renume, ca Dollfus, Guérin, Guinot etc. Împreună cu ei, Boyer a reuşit să precizeze periodicitatea (semnalată de el şi

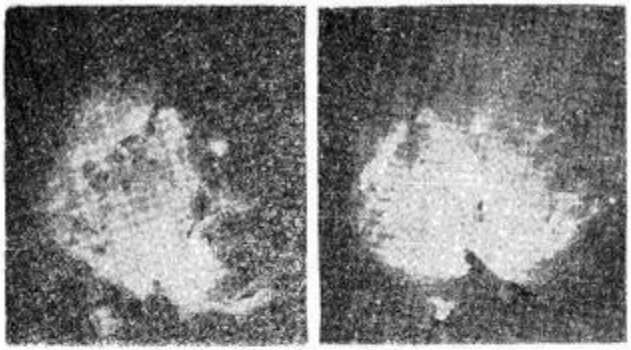
de către un alt amator, Delnott) apariţiei acestor pete, ea fiind de 3,995 zile terestre, cu o eroare în plus sau în minus de numai cîteva minute. Faptul pleda deci pentru o rotaţie axială a lui Venus avînd o durată de aproape 4 zile.

Între timp însă, prin metode radioastronomice s-a dovedit în mod indubitabil că rotaţia planetei durează ... 243 de zile. Oare cifra dată de Boyer şi Delnott avea semnificaţia unui rezultat fără valoare?

Cazul a fost studiat cu atenţie: era vorba de observaţii fotografice, nu subiectiv-vizuale. Aşa s-a demonstrat că, de fapt, ambele cifre exprimă realităţi obiective: rotaţia se face în 243 de zile, în timp ce apariţia periodică a petelor semnalate de cei doi astronomi amatori este cauzată de o circulaţie atmosferică specifică planetei vecine, necunoscută pînă atunci.

Dacă este vorba de aparatură redusă, un exemplu de perseverenţă care a suplinit cu o deosebită eficienţă lipsa dotării o constituie activitatea astronomilor amatori Fernand şi Roger Weber. Prin utilizarea unor obiective provenind de la vechi aparate fotografice „de salon", montate în paralel cu o lunetă de marină, în cca 30 de ani de activitate (ultimul dintre fraţii Weber a decedat prematur în 1969), cei doi fraţi au realizat în mod sistematic peste 4 000 de clişee ale unor zone stelare pe care au descoperit cca 200 de *stele variabile* noi.

Dar pentru că vorbim de fotografie astronomică, iată două fotografii ale imensului nor de gaze şi pulberi care constituie marea nebuloasă din constelaţia Orion (fig. 1). Se poate remarca uşor faptul că, în afară de unele amănunte fine, cele două fotografii aproape că nu diferă între ele. Cine ar putea crede că imaginea din stînga a fost obţi-



(a) (b)

Fig. 1. Marea nebuloasă din Orion, fotografiată cu :
a — un telescop de 2 m diametru ;
b — un telescop de amator de 25 cm diametru

nută cu unul dintre cele mai perfecționate telescoape din Europa — telescopul de 2 metri diametru al observatorului de la Tautenburg (R. D. Germană) — în timp ce a doua fotografie a fost realizată de un învățător, astronom amator, cu un telescop construit de el însuși, avînd numai 25 cm diametru ?

Analiza rezultatelor meritorii obținute de numeroși astronomi amatori este de natură să scoată în evidență nu cine știe ce „secrete" sau soluții „infailibile" : eficiența activității lor este o urmare firească a respectării cîtorva principii de altă natură.

Mai întîi este vorba de urmărirea sistematică a dotării instrumentale potrivită posibilităților și domeniilor de observație pe care și le-au ales.

Toți amatorii care au obținut rezultate bune s-au orientat, în al doilea rînd, la alegerea domeniului (sau a domeniilor) de lucru. De asemenea, ei au

ținut cont și de condițiile de observație — mediu urban sau rural, zonă intens luminată etc. — analizate prin prisma cerințelor astrofizicii moderne. De pildă, în plin oraș nu prea se pot obține cine știe ce rezultate în fotografia stelară (prelungind expunerea, se obțin clișee voalate), dar se pot realiza valoroase observații de planete, Lună sau Soare — aștri accesibili cercetării în ciuda iluminării nocturne a cerului și a impurității atmosferei din marile orașe.

În al treilea rînd este vorba de sistematizare și de perseverență. Poți să te consacri uneia sau mai multor probleme — nimeni nu te împiedică. Dar odată angajat într-o lucrare, planificarea timpului potrivit cerințelor studiului ales, perseverența pentru finalizarea scopurilor propuse sînt elemente fără de care orice activitate nu poate fi calificată decît ca simplu și fad divertisment și nicidecum ca activitate științifică. Nici o descoperire nu este întîmplătoare : toate sînt consecințele unei munci perseverente de ani și ani de zile.

Am avut ocazia să citesc unele lucrări de cosmogonie elaborate de amatori. Există și astăzi din păcate unele cercuri unde se „discută" probleme cu mult superioare față de nivelul și posibilitățile participanților. Fără a nu admira perseverența, m-am gîndit însă de fiecare dată la ce rezultate pot ajunge respectivii, dacă ei ignoră elemente fundamentale, strict necesare unui studiu cu adevărat științific ? Deci perseverență și sistematizare, o analiză serioasă a bazelor, a terenului pe care vrei să clădești ceva : altfel totul se va nărui la prima încercare.

SERIOZITATE. Nu m-am putut opune tentației de a scrie acest cuvînt cu majuscule, cînd m-am gîndit la cea mai importantă caracteristică a activității ! Amatorul nu are de dat socoteală des-

pre activitatea depusă nimănui *în afară de propria sa conștiință*. Abordarea diferitelor probleme pe care astronomul amator și le fixează *la libera sa alegere* impune foarte multă seriozitate.

Alături de astronomii amatori din străinătate, mulți amatori din România au obținut rezultate care s-au înscris în analele astronomiei. Vorbind despre amatori români ai „științei cerului", gîndul zboară mai întîi spre cel care, fără să se ilustreze prin cine știe ce mare descoperire, a marcat un moment de vîrf al activității de astronomi amatori din România: Victor Anestin.

Născut în 1875 la Bacău, Victor Anestin a militat cu abnegație pentru răspîndirea științei în general și a astronomiei în special. Luptînd cu neajunsurile unei vieți niciodată împlinite pe măsura eforturilor, în ciuda greutăților, a indiferenței și chiar a opoziției diriguitorilor epocii, cu prețul unor imense sacrificii, Anestin înființează în anul 1908 *Societatea astronomică română* „Flammarion", iar în 1913, Societatea „Prietenii științei" — aceasta din urmă împreună cu Gheorghe Țițeica, unul dintre prea puținii oameni de știință de atunci care l-au înțeles și l-au sprijinit.

În străduința sa pentru răspîndirea astronomiei, Victor Anestin a reușit să fondeze în anul 1907 revista *Orion* (care a apărut pînă în 1912) căreia i s-au adăugat numeroase cărți — elaborări originale, prelucrări, traduceri.

Victor Anestin ilustrează una dintre cele mai strălucitoare pagini din istoria activității astronomilor amatori din țara noastră. Acest „Flammarion al României", cum a fost deseori numit, s-a stins din viață la 7 noiembrie 1918, în vîrstă de numai 43 de ani. În fruntea celor care l-au condus pe ultimul drum au fost tocmai primii cititori ai lucrărilor sale, muncitorii tipografi.

Unul dintre cele mai importante rezultate recente avea să fie cel obținut în toamna anului 1943 de către Victor Daimaca (1892—1967), profesor de matematici la Tîrgu-Jiu.

Cu un simplu binoclu de cîmp, Daimaca scruta cerul de dinaintea zorilor zilei de 3 septembrie 1943, așa cum făcea de multă vreme. Rodul perseverenței sale s-a concretizat atunci prin descoperirea unei comete, aflată la limita dintre constelațiile Lynxul și Ursa Mare. Era prima cometă descoperită de un român: în cataloagele internaționale ea a fost înregistrată sub numele de 1943 II *Daimaca-Peltier*, cel de al doilea descoperitor găsind astrul, independent, la 18 septembrie 1943.

Amatorul Victor Daimaca (în 1950 a devenit colaborator al Observatorului din București al Academiei R. S. România) a perseverat, și, la mai puțin de 4 luni de la această descoperire, independent de alți cercetători (van Gent, Giclas, Peltier), în amurgul zilei de 16 decembrie 1943 a găsit o a doua cometă. Același binoclu i-a servit și pentru această descoperire, dovadă concludentă că nu dimensiunile instrumentelor sînt hotărîtoare, ci răbdarea, perseverența, sistematizarea activității.

Un inginer din București, constructor al unor telescoape (specialitatea sa fiind de fapt termodinamica, nu optica), în anii 1954—1957 a făcut primele observații din țara noastră în condiții de mare altitudine — la Babele și Piatra Arsă, la Omul etc. Un medic din Galați, un inginer din Timișoara și mulți, mulți alții, din Cluj, Cîmpulung, din Rîmnicu Vîlcea și Bușteni etc., au fost captivați de cercetarea astrilor. Ei au reușit să-și construiască singuri instrumente, atrăgînd și pe alții spre studiul astrilor. Voi mai aminti și faptul că numeroși astronomi, specialiști de renume mon-

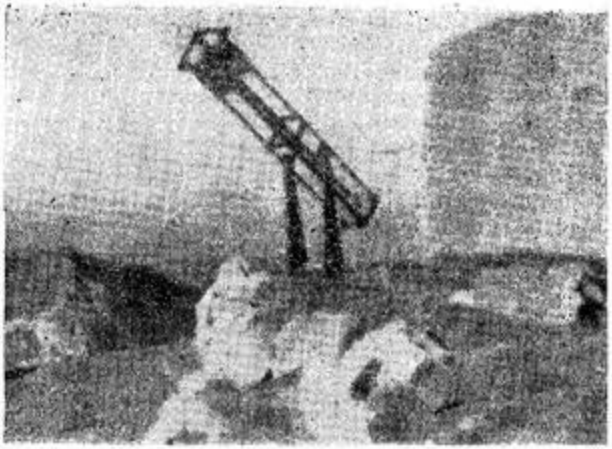


Fig. 2. Telescopul ing. Boico Vladimir, instalat pe vîrful Omul

dial — Edward Barnard, Eugène Antoniadi, Bernard Lyot, George Ellery Hale, Jean Focas etc. — şi-au început activitatea astronomică mai întîi ca amatori.

Ceea ce aşteaptă amatorii de acum este o îndrumare, o clarificare „pe concret" a posibilităţilor pe care le au pentru a trece direct la acţiune. Aceasta este şi intenţia mea. Voi încerca mai întîi să dau unele soluţii pentru rezolvarea problemelor elementare legate de baza materială, de metodologia generală a observaţiilor, iar după aceea voi vorbi despre cele mai importante capitole ale astrofizicii în care astronomul amator poate să acţioneze cu succes.

Avem în ţară numeroase observatoare astronomice specializate — la Bucureşti, Cluj, Iaşi, Timişoara. Au început să apară, ca un rezultat al preocupărilor sistematice ale partidului şi statului nostru pentru educaţia ştiinţifică a oamenilor, observatoare astronomice populare, excelent dotate. În jurul acestora se pot dezvolta adevărate mişcări de astronomi amatori. Cu atît mai mult voi căuta să-i sprijin pe cei care vor să lucreze, avînd mereu în faţă necesitatea finalizării, a utilităţii muncii, în condiţiile favorabile şi în spiritul creator al epocii noastre de continuă dezvoltare şi perfecţionare.

CAPITOLUL II

LUNETA LUI GALILEI
VERSIUNE CONTEMPORANĂ

Sfîrşitul anului 1609 îl găsea pe Galileo Galilei (1564—1642) în pragul unei realizări care avea să revoluţioneze astronomia: introducerea în observarea aştrilor a primelor instrumente optice. Savantul italian reuşise să construiască instrumente cu putere măritoare maximă de 30 de ori.

Sînt binecunoscute marile descoperiri făcute de Galilei cu aceste instrumente: relieful Lunii, fazele planetei Venus, sateliţii mari ai planetei Jupiter, petele de pe suprafaţa Soarelui, natura stelară a Căii Lactee etc.

Astăzi putem face cu mult mai mult. Clasica şi mult discreditata lunetă, în care obiectivul este o lentilă de ochelari, poate mări pînă la 80—85 de ori, în timp ce un telescop de 10—12 cm diametru poate mări de peste 200 de ori. Iată de ce, în cele ce urmează, vrem să ne oprim puţin asupra unor probleme de optică elementară, considerînd că cititorii au o idee — măcar vagă — despre optica astronomică.

Am spus despre luneta cu lentilă de ochelari că este discreditată: motivele sînt doar 20% justificate. Restul reprezintă defecţiuni cauzate exclusiv de realizări care, neglijînd unele „amănunte", au săvîrşit de fapt greşeli cu totul inadmisibile faţă de cerinţele riguroase ale opticii astronomice: lentile înclinate, tuburi lucioase în interior, oculare montate la întîmplare.

Piesele fundamentale ale unei lunete sînt lentilele. Una dintre ele, convergentă, cu un diametru cît mai mare, îndreptată spre obiectul ce urmează a fi observat, este *obiectivul*. Ca orice lentilă convergentă, aceasta formează o imagine reală, mai mică şi răsturnată a obiectului (presupus a fi situat foarte departe) în *focarul* său principal. Distanţa de la lentilă pînă la focarul principal se numeşte *distanţă focală*; obiectivele pentru lunetă au distanţe focale cît mai mari, fiind de 10 pînă la 20 ori mai mari decît diametrul lor.

Pentru observaţii vizuale, imaginea furnizată de obiectiv este privită cu ajutorul unui *ocular*, care joacă rol de simplă lupă, dîndu-ne posibilitatea să observăm detaliile acestei imagini. De regulă, ocularele sînt formate tot din lentile convergente, excepţie făcînd lunetele lui Galilei, binoclurile vechi — perechi de lunete Galilei — şi binoclurile contemporane de spectacol, care măresc doar de 3, cel mult 4 ori. De aceea, pentru ocularele obişnuite, putem vorbi de distanţe focale reale. Ceea ce ne interesează însă este faptul că puterea măritoare — sau *grosismentul*, cum se spune — a unei lunete este egală cu cîtul dintre distanţa focală a obiectivului şi cea a ocularului. De exemplu, obiectivul lunetei de 38 cm diametru a Observatorului Astronomic din Bucureşti al Academiei R.S.R. are distanţa focală de 6 m. Dacă i se asociază un ocular de 2 mm distanţă focală,

puterea măritoare obținută va fi de 300 ori. Dacă i se asociază însă un ocular cu distanța focală de 6 mm, grosismentul va fi de 1 000 ori.

Tot atît de important este faptul că nu numai lentilele convergente, ci și oglinzile concave pot forma imagini în planele focarelor lor principale (dacă este vorba de imagini ale unor corpuri îndepărtate). Acest lucru are o valoare deosebită, ținînd cont de faptul că lentilele simple, utilizate ca obiective, sînt afectate de o serie de defecte inerente; cel mai grav este acela cunoscut sub numele de *aberație cromatică*. Aceasta apare ca urmare a refracției luminii la trecerea ei prin lentilă, fenomen însoțit de descompunerea luminii în culorile sale fundamentale. De aici *aureola multicoloră* din jurul imaginilor date de obiectivele simple, care nu poate fi corectată principial decît prin asocierea a 2—4 lentile, șlefuite din sortimente diferite de sticlă optică, realizîndu-se astfel obiectivele *acromatizate*.

În cazul oglinzilor nu mai este vorba de refracția luminii, ci de reflexia ei, fenomen care nu este însoțit de descompunerea luminii — deci imaginile date de oglinzile concave sînt perfect acromatice, adică au exclusiv coloratura proprie. Evident, grosismentul unui telescop se calculează (riguros) în același fel.

Trebuie să spun că puterile instrumentelor astronomice sînt limitate de anumiți factori. Atît teoria cît și practica arată că puterea minimă a unei lunete sau a unui telescop este egală cu a 6-a parte din diametrul obiectivului exprimat în milimetri. Puterea *maximă utilă* este egală cu diametrul obiectivului exprimat în milimetri, în timp ce puterea maximă nu trebuie să depășească de 2—2,5 ori diametrul obiectivului. Deci, o lunetă de 45 mm diametru va avea o putere minimă de 8 ori, una *maximă utilă* de 45 ori și una maximă de 90

ori, iar un telescop cu diametrul de 120 mm va avea, pentru aceiași indici, valorile de 20, 120 și 240—300 ori.

Cu anumite restricții în ceea ce privește lunetele, instrumentele pot fi utilizate și pentru fotografie astrală. Metoda cea mai simplă și cea mai folosită este aceea a înlocuirii ocularului cu placa sau pelicula fotografică. Aceasta înseamnă a proiecta imaginea dată de obiectivul instrumentului — lentilă sau oglindă — în focarul său principal, pe emulsia sensibilă, transformînd astfel instrumentul în *astrograf*. Metoda se folosește în mod curent pentru fotografierea Soarelui, Lunii, cometelor, cîmpurilor stelare etc. Pentru fotografierea planetelor, ca urmare a faptului că imaginile focale ale acestora sînt extrem de mici, cu excepția unor instrumente foarte mari, se utilizează sisteme de amplificare — lentile divergente acromatizate, oculare speciale sau chiar obișnuite etc. Ceea ce trebuie reținut, din punct de vedere practic, este grupul de formule de mai jos. Iată despre ce este vorba.

Un factor definitoriu al clișeelor — deci al obiectivelor utilizate — este scara imaginilor, cît reprezintă — de exemplu — un grad de arc pe peliculă. Calculul este foarte simplu. Dacă avem un obiectiv cu distanța focală de F mm, gradul, respectiv minutul și secunda de arc, reprezintă în planul focal (în milimetri):

$$1^\circ = F/57{,}2\,;\quad 1' = F/3\,438\,;\quad 1'' = F/206\,265.$$

De exemplu, în planul focal al unui obiectiv cu distanța focală de 1 000 mm, un grad reprezintă cca 17,49 mm, 1 minut reprezintă 0,29 mm, iar o secundă reprezintă numai 0,005 mm. De aici se poate calcula că diametrul imaginii Soarelui sau al Lunii, în focarul unui asemenea obiectiv (adică cele cca 1870 de secunde de arc cît măsoară diametrele aparente ale celor doi aștri), măsoară circa 9 mm,

în timp ce planeta Jupiter, care atinge în diametru aparent cel mult 50″ (secunde de arc), va da o imagine de numai 0,24 mm — deci mult prea puțin.

O valoare caracteristică a obiectivelor, cunoscută de la obiectivele fotografice, este *luminozitatea*, care, la aparatura astronomică, se definește ca fiind exprimată de raportul dintre distanța focală F și diametrul liber D al obiectivului, adică F/D. Cu cît raportul F/D este mai mic, cu atît luminozitatea obiectivului este mai mare, adică obiectivul concentrează o mai mare cantitate de lumină pe unitatea de suprafață. Dacă obiectivele aparatelor noastre fotografice au luminozități cuprinse între 1,5 și 4,5, luminozitățile obiectivelor de lunetă sînt cuprinse între 10 și 20 — deci mult mai mici, în timp ce acelea ale oglinzilor de telescop sînt cuprinse, de regulă, între 5 și 10 — mai rar 4 sau chiar 3.

Tot așa cum distanța focală determină scara imaginii, diametrul și luminozitatea unui obiectiv determină timpurile maxime de expunere ca și limita *magnitudinilor stelare* accesibile, adică cele mai palide stele care mai pot fi înregistrate pe pelicula fotografică în timpul maxim de expunere. Pentru că am vorbit de *magnitudine stelară*, să reamintim cîteva elemente esențiale.

Crearea sistemelor fotometrice a permis definirea unei *magnitudini* — etalon față de care, într-o scară logaritmică, se definesc magnitudinile aștrilor : stele și planete, comete, Soare, Lună etc. Una dintre cele mai apropiate stele față de magnitudinea etalon 0 (zero) este steaua Vega (din constelația Lira) a cărei *magnitudine vizuală* este $0^m,14$.

Raportul de strălucire între două stele de magnitudini consecutive — de exemplu, de la magnitudinea 2 la magnitudinea 3 — este 2,512, adică

steaua de magnitudinea 2 este de 2,512 ori mai luminoasă decît cea de magnitudinea 3. O diferență de 5 magnitudini reprezintă, cum se poate ușor calcula, un raport de strălucire egal cu 100, în favoarea stelei cu magnitudinea mai mică.

Trebuie făcute aici două precizări. În primul rînd, magnitudinile astfel definite sînt *aparente*, fiind vorba de gradul de strălucire al aștrilor așa cum se văd ei de pe pămînt. În al doilea rînd, există diferite tipuri de magnitudini (după procedeul folosit la obținerea lor) : vizual, fotografic, foto-vizual etc.

Față de magnitudinile aparente se definește și un sistem de magnitudini *absolute*, direct legate de strălucirea reală. Aceasta este magnitudinea unui astru care s-ar afla la 32,96 *ani lumină* sau 10 *parseci*. Cu această ocazie să ne amintim că *anul lumină* (a.l.) este distanța parcursă de lumină în linie dreaptă în timp de un an, iar parsecul (Ps) reprezintă distanța de la care depărtarea Soare—Pămînt s-ar vedea sub un unghi de o secundă de arc. Un an lumină cuprinde 9 463 miliarde de km, iar un parsec — 3,259 ani lumină. Multiplii parsecului sînt : *Kiloparsecul* (Kps) și *Megaparsecul* (Mps), care cuprind 1 000 și, respectiv, 1 milion de parseci.

Magnitudinile aparente se notează cu indicele m, iar cele absolute cu M. Pentru definirea diferitelor tipuri de magnitudini se folosesc următorii indici :

— magnitudini vizuale : m_v, respectiv M_v
— magnitudini fotografice : m_{pg}, respectiv M_{pg}
— magnitudini fotovizuale (obținute pe cale fotografică, printr-un filtru galben etalon) : m_{pv}, respectiv M_{pv}

O relație matematică deosebit de importantă este aceea care face legătura între magnitudinea aparentă, magnitudinea absolută și distanța unui astru. Această relație este:

$$M = m + 5 - 5 \lg r$$

unde M și m reprezintă magnitudinea absolută și cea aparentă, iar r este distanța astrului exprimată în parseci. Din această formulă rezultă imediat:

$$\lg r = \frac{1}{5}(m - M) + 1.$$

Cantitatea $(m-M)$, de care depinde, după cum se vede, valoarea distanței, se mai numește și *modul de distanță*. De exemplu: steaua α din constelația Cîinele Mare are: $m = -1{,}46$ și $M = 1{,}4$. Modulul de distanță este în acest caz — 2,86. De aici rezultă imediat că: $\lg r = 0{,}428$, deci $r = 2{,}65$ parseci sau cca 8,6 ani lumină.

Acum putem să arătăm care este „puterea fotografică" a instrumentelor uzuale. Mai întîi, vom da acest element în funcție de luminozitatea obiectivelor utilizate, adică în funcție de raportul F/D. Aici va apare timpul maxim de expunere. Toate datele sînt calculate în ipoteza utilizării unei pelicule de sensibilitate medie (20 DIN) și a unui cer curat, lipsit de iluminări parazite.

TIMPUL DE EXPUNERE MAXIM

F/D	1,5	2,0	2,8	3,5	4,5	6,3	8,0
T (minute)	10	15	30	45	75	2 1/2 ore	4 ore

— În aceste durate, în raport de luminozitatea obiectivelor și diametrele lor, pot fi fotografiate stele pînă la următoarele magnitudini fotografice:

MAGNITUDINI STELARE LIMITĂ

F/D \ D_{em}	1	2,5	5	7,5	10	15
3	$10^m,2$	$12^m,1$	$13^m,6$	$14^m,4$	$15^m,0$	$15^m,8$
5	$11^m,2$	$13^m,1$	$14^m,6$	$15^m,4$	$16^m,0$	$16^m,7$
7	$11^m,8$	$13^m,7$	$15^m,2$	$16^m,0$	$16^m,6$	$17^m,3$
10	$12^m,4$	$14^m,3$	$15^m,8$	$16^m,6$	$17^m,3$	$17^m,9$

— Iată ce se poate obține și cu alte durate de expunere.

MAGNITUDINI LIMITĂ ÎN FUNCȚIE DE DIAMETRU ȘI TIMP DE EXPUNERE

T (minute) \ D_{em}	1	2,5	5	7,5	10	15
1	$7^m,1$	$9^m,0$	$10^m,5$	$11^m,3$	$11^m,9$	$12^m,6$
5	$8^m,5$	$10^m,5$	$12^m,0$	$12^m,3$	$13^m,4$	$14^m,1$
10	$9^m,1$	$11^m,2$	$12^m,5$	$13^m,3$	$13^m,9$	$14^m,6$
30	$10^m,1$	$12^m,1$	$13^m,5$	$14^m,3$	$14^m,9$	$15^m,7$
60	$10^m,6$	$12^m,6$	$14^m,1$	$14^m,9$	$15^m,5$	$16^m,2$

Pentru a ușura sarcina celor care vor să se ocupe de fotografii astronomice, iată și rezultatele unor calcule privind scara imaginilor fotografice în planul focal al unor obiective.

SCARA IMAGINILOR ÎN PLANUL FOCAL PRINCIPAL

Fcm	5	10	15	20	50	100	200
1°=mm	0,9	1,7	2,6	3,5	8,7	17,4	34,8
1 mm	68'8	34'5	22'9	17'2	6'9	3'4	1'7
Lună, Soare (diam. mm)	0,5	0,9	1,3	1,8	4,5	9,0	18,0

Să revenim însă la instrumente.

Pentru observații, avem de ales între lunetă și telescop, fiecare prezentînd avantaje și dezavantaje. Marea dificultate este aceea că astfel de instrumente nu se găsesc în comerț. De aceea sîntem siliți să recurgem fie la luneta care are drept obiectiv o lentilă de ochelari, fie la soluția mai dificilă dar cu perspective mai largi a construirii unui telescop a cărui oglindă principală să o șlefuim noi. În această alternativă, prima variantă o vom trata pe scurt aici, iar cea de a doua, fiind ceva mai complicată, formează unul dintre subiectele unui capitol aparte.

Obiectivul lunetei noastre va fi constituit dintr-o lentilă de ochelari de +0,75 dioptrii, adică avînd distanța focală de 1,33 metri ($F_m = \frac{1}{D}$ unde F_m este distanța focală în metri și D este numărul de dioptrii), luminozitatea de ordinul a 26—27 și diametrul de 45—50 mm. Luminozitatea este redusă, dar reprezintă un compromis față de aberația cromatică, care este cu atît mai mică cu cît raportul F/D este mai mare. Conform celor de mai înainte, imaginea Soarelui și a Lunii va măsura în planul focal principal cam 12 mm în diametru — suficient de mult pentru a putea obține rezultate fotografice interesante.

Ca oculare putem utiliza seria de oculare pentru microscoape IOR, marcate cu indicii 7x, 10x și 15x, care au distanțe focale de 35, respectiv 25 și 16 mm. Puterile măritoare obținute cu ajutorul lor sînt de 37, 53 și 83 de ori. Ocularul cel mai slab va fi utilizat la observarea aștrilor cu strălucire redusă și a eclipselor, cel mediu este indicat pentru observarea întregului disc al Soarelui și al Lunii, în timp ce ocularul cel mai puternic va servi la observarea planetelor, a stelelor duble, ca și a detaliilor Soarelui și Lunii. Cîmpul de vizibilitate al unui ocular este cuprins între 30° și 40°, în afară de cazuri speciale. Atunci cînd el este utilizat la o lunetă sau la un telescop, zona de cer observabilă măsoară unghiular 30°: G (grosismentul) sau 40°: G, după tipul de ocular; de regulă, putem utiliza ultima expresie. Știind că discul Soarelui sau cel al Lunii măsoară ceva mai mult de 0°,5 rezultă că numai puterile măritoare mai mici de 70x permit observarea simultană a întregului disc al celor doi aștri.

Dacă nu dispunem de oculare de microscop, vom construi noi ocularele necesare, folosind pentru aceasta lentile de ceasornicar (lupe de 3x și 5x) și lentile utilizate în cercetarea textilelor (lupe pentru textile 10x). Distanțele lor focale măsoară 80, 50 și 25 mm. Pentru a calcula distanțele

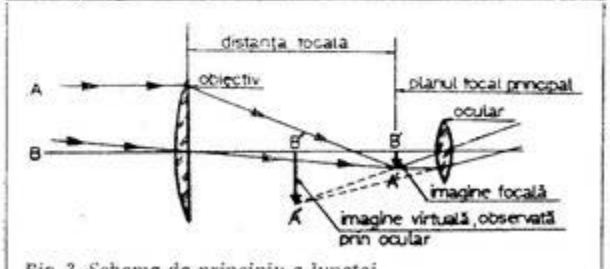


Fig. 3. Schema de principiu a lunetei

focale ale ocularelor pe care le putem realiza, vom reaminti formula simplă care ne dă distanța focală a unui sistem de două lentile (formula pentru lentile subțiri). Dacă f_1 și f_2 sînt distanțele focale ale celor două lentile, d — distanța dintre ele, atunci distanța focală rezultantă F poate fi calculată prin expresia:

$$F = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - d}.$$

În această situație, să ne procurăm 3 lentile de ceasornicar (3x) și 3 lentile pentru textile, pe care le vom monta astfel:

— două lentile de ceasornicar, așezate la o distanță de 40 mm una de alta. Ocularul obținut va avea o distanță focală de 53 mm, deci grosismentul va fi de 25 de ori;

— două lentile pentru textile, montate la o distanță de 10 mm una de alta. Distanța focală a ocularului va fi de 15,6 mm, iar grosismentul va fi de 85 de ori;

— o lentilă de ceasornicar și una pentru textile, așezate la 15 mm una de alta, cea de textile jucînd rolul de lentilă de ochi. Ele vor forma un ocular cu distanța focală de 22,2 mm, dînd un grosisment de 60 de ori.

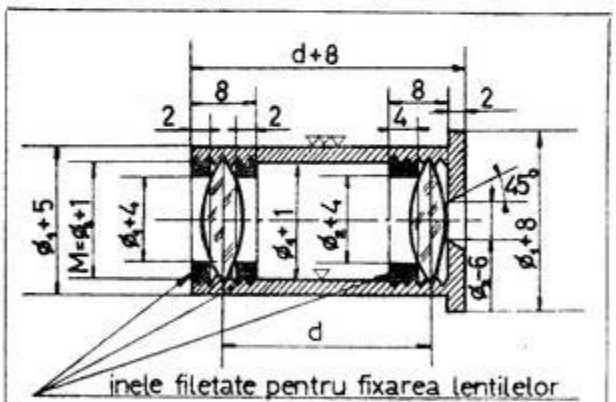


Fig. 4. Schema generală pentru construcția ocularelor

Dacă folosim lentile cu $f = 50$ mm și cu $f = 25$ mm putem realiza:

— ocular cu două lentile $f = 50$ mm, plasate la 25 mm distanță una de alta. Distanța focală rezultantă va fi de 33 mm;

— ocular cu o lentilă $f = 50$ mm și o lentilă $f = 25$ mm, plasate la 12,5 mm distanță: distanța focală rezultantă este de 20 mm.

Evident, toate aceste oculare pot fi utilizate în asociație și cu alte obiective — în particular și pentru telescoape.

Subliniem însă faptul că lentilele trebuie să fie montate în țevi adecvate, lucrate la strung, pentru a asigura perpendicularitatea și coaxialitatea lor. De asemenea, toate țevile, diafragmele etc. vor fi vopsite în interior cu vopsea neagră, mată, spre a nu avea nici un fel de reflex parazit, care ar afecta imaginile. În caz că nu găsiți o vopsea adecvată, iată o rețetă:

— alcool pentru vernisaj: 100 cm³
— gumarabică uscată: 20 g
— negru de fum: 20 g

Se dizolvă gumarabica în alcool, apoi se introduce treptat negrul de fum și se amestecă bine. Vopseaua se păstrează în vase bine închise.

Revenind la construcția lunetei, în *fig. 5* am dat schema de montaj. Ceea ce precizăm aici este faptul că tubul principal are lungimea de 1 250 mm, iar cel secundar, destinat montării ocularului, măsoară 200 mm lungime. În acest din urmă tub, ocularele se vor monta după necesități. Cît pri-

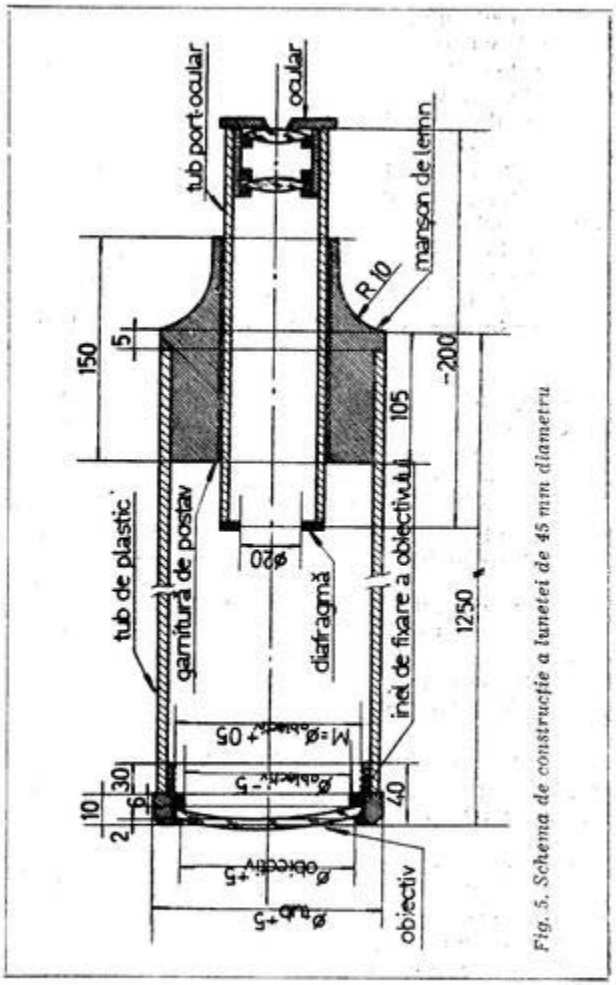


Fig. 5. Schema de construcţie a lunetei de 45 mm diametru

veşte diametrele tuburilor, nu se impun nişte limite stricte. Totuşi nu vom pune un tub de 200 mm diametru pentru obiectivul nostru de 50 mm. Recomandabil este un tub de 65—70 mm diametru (există excelente tuburi de masă plastică de culoare neagră cu astfel de diametre), în timp ce pentru oculare pot fi găsite tuburi (tot de masă plastică) avînd 30—35 mm diametru.

Utilizarea lunetei nu pune decît o singură problemă. Dacă punerea la punct a imaginii se face prin simpla culisare a tubului ocular înainte şi înapoi pînă la obţinerea clarităţii maxime, veţi constata imediat că dacă instrumentul nu este montat pe un suport, pe o montură adecvată, el este complet inutilizabil. Montura trebuie să permită manevrarea lină a lunetei şi *să nu prezinte vibraţii*: insist asupra faptului că suportul obişnuit pentru aparatele fotografice — trepied uşor cu nucă olandeză — nu poate fi folosit. Folosiţi un trepied mai solid, cu înălţimea de cca 150 cm. Cît priveşte montura, în *fig.* 6 se dă o soluţie pentru una metalică, capabilă să suporte şi instrumente mai grele. Oricît de exact ar fi montajul, el nu poate fi considerat corect decît în urma unor verificări optice. De aceea, după ce aţi fixat luneta, îndreptaţi-o spre Steaua Polară — avantajul acestei stele fiind acela că ea rămîne practic fixă. Puneţi în faţa obiectivului o diafragmă — un disc de carton cu diametrul ceva mai mare decît al obiectivului şi cu o deschidere concentrică de 30 mm diametru. Imaginea stelei, după punerea la punct a lunetei cu ocularul cel mai puternic, trebuie să fie aceea a unui mic disc — numit disc de difracţie — înconjurat de 1—2 inele luminoase, perfect circulare, concentrice cu discul. Dacă ele sînt eliptice sau dacă imaginea prezintă cozi luminoase, acţionaţi asupra monturii obiectivului, apăsînd-o pe o margine sau alta, pînă ce imaginea

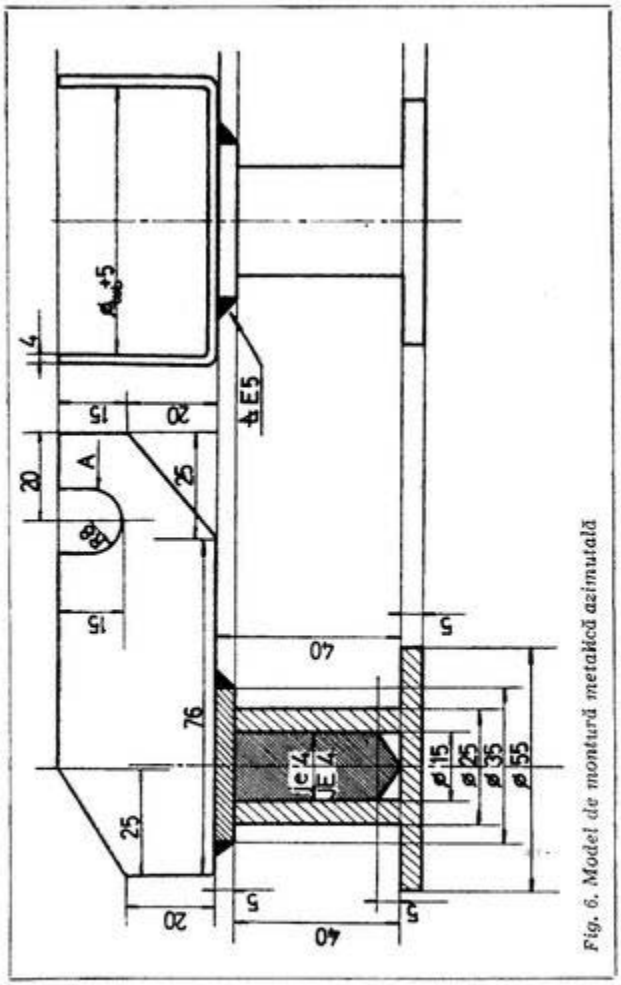


Fig. 6. Model de montură metalică azimutală

capătă aspectul descris mai sus. După aceea fixaţi obiectivul ca atare, prin aplicarea unei benzi de scotch sau de leucoplast, pentru ca el să nu mai poată fi deplasat.

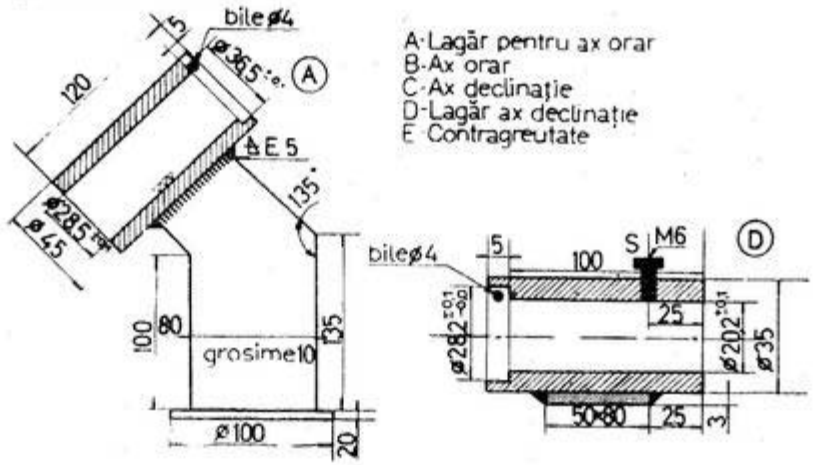
Nu ne vom ocupa aici de problemele specifice utilizării lunetei în diferitele observaţii : veţi găsi aceste lucruri la capitolele respective. Ultimul lucru pe care îl voi preciza este acela că avînd în vedere aberaţia cromatică a obiectivului, pentru observaţii el trebuie diafragmat, aşa cum am procedat la reglarea lunetei. Diametrul deschiderii diafragmei variază după strălucirea astrului şi va fi de 25—35 mm pentru observarea Soarelui şi a Lunii, 35—40 mm pentru planete şi stele duble şi nici un fel de diafragmă pentru comete, nebuloase şi roiuri de stele, dată fiind strălucirea lor redusă.

În continuare să ne oprim asupra cîtorva elemente de metodologie generală a observaţiilor, în special asupra celor fotografice, care sînt menite să soluţioneze cîteva probleme de largă aplicaţie.

Ca efect al mişcării de rotaţie a Pămîntului, aştrii sînt animaţi de o mişcare în bloc, de la răsărit la apus. Evident, în cazul observaţiilor vizuale, schimbarea repetată a direcţiei lunetei pentru urmărirea astrului devine repede un act reflex. În cazul observaţiilor fotografice, acest lucru nu mai este uşor, întrucît mişcarea trebuie să fie continuă : în caz contrar, ca urmare a duratelor de expunere foarte mari, imaginile stelelor vor apărea ca nişte dîre luminoase, nu punctiforme — cum ar trebui.

Singura soluţie acceptabilă este aceea a asigurării unui dispozitiv de mişcare pentru urmărirea corectă a aştrilor de la răsărit la apus. Nu este neapărat necesară realizarea unui mecanism automat. Telescopul personal (de 150 mm diametru) nu avea iniţial decît un dispozitiv manual de urmărire. Un astfel de dispozitiv este dat în *fig.* 7,

Fig. 7. Montură ecuatorială



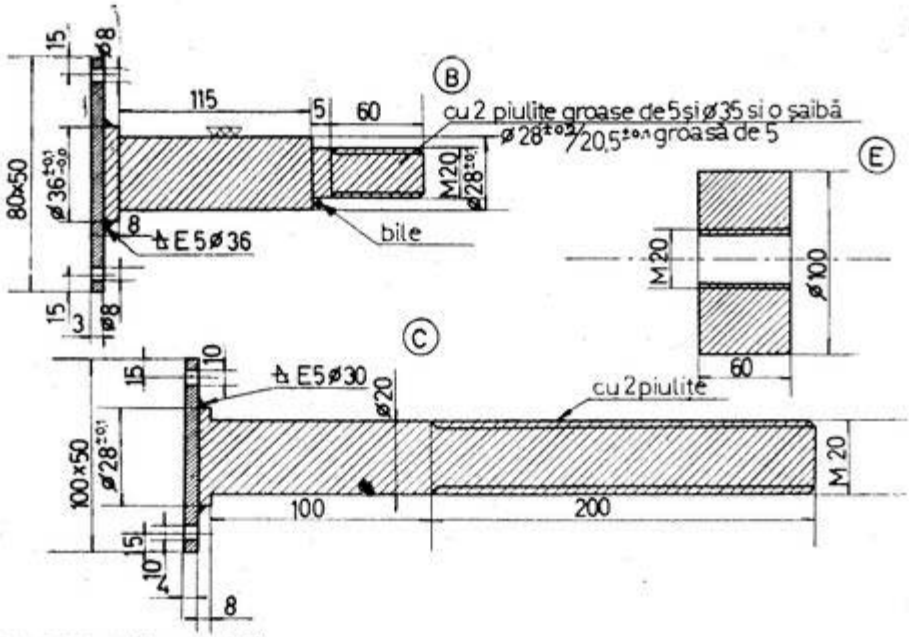


Fig. 7. Montură ecuatorială

unde schema reproduce cu mici modificări montura telescopului pe care îl folosesc și ca instrument portativ. Aceasta este o așa-numită *montură ecuatorială.*

Înainte însă de a vorbi mai în amănunt despre realizarea unei astfel de monturi este necesară explicarea sistemului pe care se bazează ea, modul în care este concepută.

Cerul ne apare ca o emisferă în centrul căreia ne găsim noi, ca observatori. Întreaga sferă cerească pare animată de o mișcare de rotație uniformă, de la est spre vest, împrejurul unei axe imaginare care „înțeapă" sfera cerească în două puncte: unul, situat în imediata vecinătate a Stelei Polare — polul ceresc Nord — și altul diametral opus, în constelația Octantul (vizibilă numai din emisfera sudică a Pământului) — polul ceresc Sud. Această axă se confundă cu axa de rotație a Pământului pentru simplul fapt că, în afară de *aparența* sferei cerești însăși mișcarea ei în bloc este tot o aparență, o urmare a mișcării de rotație a Pământului în jurul axei sale proprii, de la vest spre est.

Cunoscînd această axă, să prelungim imaginar planul ecuatorului ceresc pînă ce acesta taie sfera cerească: în felul acesta obținem ecuatorul ceresc. Aidoma celui terestru, ecuatorul ceresc se află la egală distanță unghiulară față de cei doi poli cerești și împarte sfera cerească în două emisfere: nordică și sudică. Aceste linii imaginare ne permit stabilirea unui element de reper pe bolta cerească. Într-adevăr, pe pământ, distanța unghiulară față de ecuator se numește, după cum se știe, latitudine geografică; punctele de aceeași latitudine se înșiră pe cercuri paralele cu ecuatorul, numite, după cum se știe, *paralele.* Și pe sfera cerească putem defini astfel de *paralele:* singura deosebire este aceea că, pe cer, latitudi-

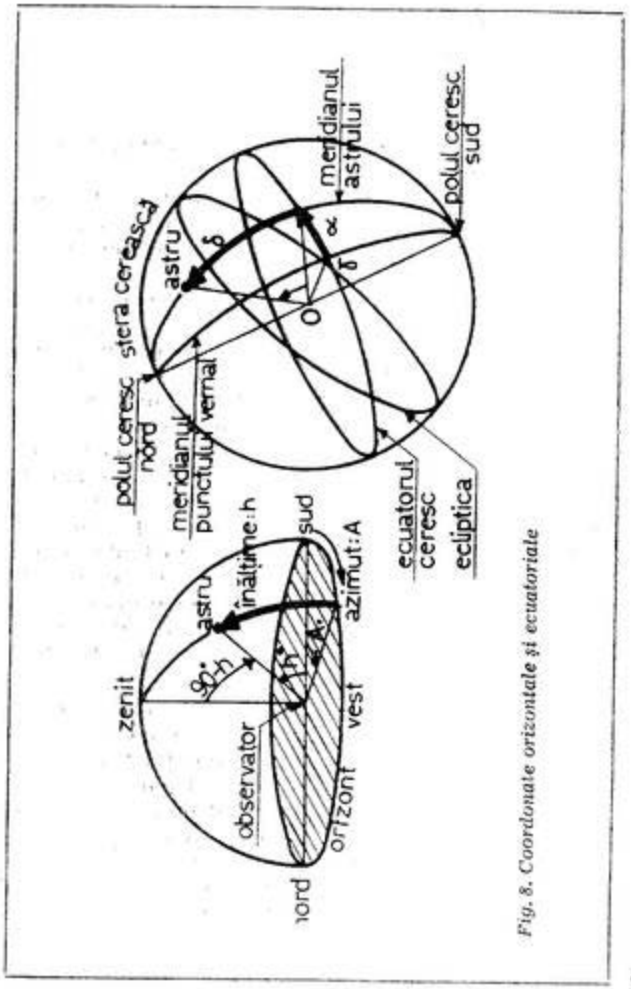


Fig. 8. Coordonate orizontale și ecuatoriale

nea definită de ele se numește *declinație*. Ea este pozitivă spre nord de ecuatorul ceresc și negativă spre sud. Este clar că punctele de pe ecuatorul ceresc au declinația egală cu 0°, iar declinația polilor cerești este egală cu 90° — plus, adică pozitivă pentru polul nordic și minus, adică negativă, pentru cel sudic.

Pe Pămînt, latitudinea este una dintre cele *două* coordonate geografice prin care se determină poziția unui punct de pe glob. Cea de a doua coordonată este longitudinea. Aceasta este definită prin unghiul făcut de un cerc ce trece prin cei doi poli și prin punctul căruia vrem să-i determinăm poziția și un cerc de bază, care trece tot prin cei doi poli și un punct de reper. Aceste cercuri se numesc meridiane. Pe Pămînt, ca meridian de bază a fost ales meridianul care trece prin vechiul observator de la Greenwich, lîngă Londra (astăzi observatorul a fost mutat mai spre sud, la Herstmonceux, departe de fumul și luminile capitalei britanice). Pe cer, ținînd cont de anumite particularități, ca meridian zero a fost ales meridianul care trece prin punctul unde se găsește Soarele în momentul echinoxului de primăvară — punct situat pe ecuatorul ceresc — și care se numește *punct vernal* sau *punct gamma* (♈). Iată cum este el definit.

Să presupunem că, în timp de un an, măsurăm în fiecare zi la amiază înălțimea maximă a Soarelui deasupra orizontului, ca și poziția lui față de stele (lucru perfect posibil, dacă dispunem de un ceas de bună calitate). La capătul unui an de zile, vom constata că pozițiile succesive ocupate de Soare se înșiră pe un cerc al cărui plan nu coincide cu cel al vreunui paralel sau al ecuatorului ceresc, ci face cu acesta din urmă un unghi de cca 23°27'; acest cerc se numește *ecliptică*. El nu reprezintă un drum real al Soarelui, ci este reflectarea mișcării Pămîntului pe orbită în jurul astrului zilei. Aparent deci, Soarele are o mișcare de la apus la răsărit, traversînd o serie de constelații numite zodiacale. Acestea sînt: *Peștii, Berbecul, Taurul, Gemenii, Racul, Leul, Fecioara, Balanța, Scorpionul, Săgetătorul, Capricornul* și *Vărsătorul*. Puține zile, Soarele trece pe ecliptică și prin dreptul unei a 13-a constelații — *Ofiuc* — dar care nu mai este, de regulă, menționată. (Enumerarea am început-o cu Peștii, deoarece, la începutul primăverii astronomice, Soarele intră în dreptul acestei constelații, nu în dreptul Berbecului, ca acum cca 2 000 de ani!)

Ecliptica taie ecuatorul ceresc în două puncte diametral opuse. Unul, situat acum cam la marginea de vest a constelației Peștilor, este tocmai punctul vernal: aici, ecliptica trece la nord de ecuatorul ceresc, deci de aici și pînă la punctul de intersecție următor Soarele are declinație pozitivă. Cel de al doilea punct de intersecție dintre ecuator și ecliptică este situat în constelația Fecioarei, nu departe de limita ei vestică; acest punct este numit punctul echinoxial de toamnă sau *punctul omega* (Ω). La cîte 90° distanță de cele două puncte echinoxiale, ecliptica atinge distanțele maxime față de ecuatorul ceresc: la 90° est de punctul vernal, ecliptica atinge declinația maximă pozitivă de +23°27', iar la 90° est de punctul omega ea atinge declinația maximă negativă de —23°27'. Cînd Soarele ajunge în aceste puncte se spune că astrul zilei se găsește în punctele solstițiale — de vară cînd declinația sa atinge maximul pozitiv și de iarnă în situația opusă.

Spuneam mai sus că meridianul punctului gamma a fost ales drept meridian de bază pentru longitudinile cerești. Făcînd abstracție de faptul că, efectiv, există o coordonată cerească cu numele de longitudine (în sistemele de coordonate ecliptice

și galactice), distanța unghiulară, măsurată de la meridianul punctului gamma spre est pînă la meridianul astrului considerat, se numește *ascensie* dreaptă și se notează cu litera grecească *alfa* (α), în lucrările mai vechi cu *A.R.* Ascensia dreaptă se măsoară pe un paralel sau pe ecuatorul ceresc și poate lua orice valori între 0° și 360°. De obicei, ea nu se exprimă în unități de arc, ci în unități de timp — ore, minute și secunde. Justificarea este următoarea :

Să presupunem că, la un moment dat, meridianul punctului vernal coincide cu *meridianul* locului (planul care trece pe linia *nord-sud* și prin punctul situat deasupra capului, numit *zenit*). Meridianul unui astru a cărui ascensie dreaptă este de 15° va coincide cu meridianul aceluiași loc de observație peste exact o oră : bolta executînd o rotație completă în 24 de ore, înseamnă că într-o oră ea se rotește cu 360° : 24 h, ceea ce face 15°. Deci, putem spune că ascensia dreaptă a astrului este fie de 15°, fie de 1 oră.

Acest raționament conduce la exprimarea oricărei ascensii drepte în unități de timp, pe baza faptului că 360° corespund la 24 de ore, adică la 1 440 de minute sau la 86 400 secunde. Deci :

1 oră (1 h) corespunde unui arc de 15°

1 minut (1 m) corespunde unui arc de 15′ (minute de arc)

1 secundă (1 s) corespunde unui arc de 15″ (secunde de arc)

Invers, putem transforma unitățile de timp în unități de arc, pe baza următoarelor corespondențe, ușor de calculat :

1° (grad de arc) corespunde la 4 m (minute de timp) ;

1′ (minut de arc) corespunde la 4 s (secunde de timp) ;

1″ (secundă de arc) corespunde la 1/15 s (secunde de timp). Tabele de transformare se găsesc în *Anuarul Observatorului din București* pentru fiecare an.

Principiul monturilor ecuatoriale constă în îndreptarea axului principal al acestora spre polul ceresc, fapt care face ca el să devină paralel — și practic să se confunde — cu axa de rotație a Pămîntului. Acesta este numit acum *ax orar*, deoarece rotația în jurul său echivalează cu parcurgerea unui unghi orar. Cel de al doilea ax, perpendicular pe axul orar, devine astfel ax de declinație, întrucît rotația în jurul său se face — dacă axul orar rămîne nemișcat — de-a lungul unui meridian ceresc, ceea ce echivalează cu o variație în declinație a direcției instrumentului fixat pe acest ax. Cît privește metoda de orientare a unei monturi ecuatoriale, adică plasarea ei în poziție corectă, aceasta este descrisă în capitolul IX. Ceea ce trebuie reținut este faptul că mișcarea diurnă nu afectează declinația unui astru (în afară de cazuri rare), și pentru urmărirea unui astru este suficientă o singură mișcare — aceea în jurul axului orar. Ea poate fi dată de un sistem automat, numit mecanism de orologerie, sau poate fi dată manual, prin intermediul unui sistem de demultiplicare, menit să elimine erorile brutale care ar apărea la o simplă acțiune a mîinii.

În cazul monturii reprezentate în *fig.* 9, la capătul inferior al axului am fixat o coroană melcată avînd 360 de dinți cu modulul $M=0{,}5$. Simpla rotire a melcului dă o mișcare lină, care permite plasarea unui aparat fotografic la un capăt al axului de declinație iar la celălalt capăt al instrumentului de ghidaj — o mică lunetă cu distanța focală a obiectivului de 500 mm. Diafragma ocularului poartă cruce din fire de sîrmă groasă de 0,1 mm, ușor vizibilă pe fondul întunecat al cerului de noapte.

Procurarea unei bune coroane melcate, cu dimensiuni rezonabile — cel puţin 100 mm diametru şi *M1* sau *M1,5* cel mult — nu este chiar aşa de simplă. De aceea, iată o formulă în care principala problemă este realizarea unui şurub şi a unei piuliţe de precizie, cu mult mai uşor de obţinut.

Să fixăm pe axul orar al monturii ecuatoriale din *fig.* 7 o roată cu diametrul de 180 mm, prevăzută cu un şurub de presiune *PR* (*fig.* 9) sau cu un colier de blocaj, pentru solidarizarea roţii cu axul. Circumferinţa roţii măsoară deci 565,2 mm. Pe un punct al periferiei roţii se fixează un capăt al unei benzi de metal subţire şi moale (grosime de cca 0,5 mm), a cărei lăţime nu trebuie să fie mai mare de 5 mm. Cel de al doilea capăt va fi fixat pe o piuliţă de bronz, pătrată, *M 20×2*, cu latura de 25 mm şi grosimea de 15 mm. Această piuliţă, notată cu *P*, nu se poate roti din cauza cornierului *K* — deci, în timp ce se roteşte şurubul *S*, ea înaintează într-o direcţie sau alta, după sensul de rotire al şurubului. Şurubul *S* va avea lungimea filetată de 160 mm, cu filet *M 20×2*; el va fi tăiat fie în material *OL 45*, fie *OL 60*, iar piuliţa sa *P nu va avea joc pe şurub.*

Se fixează şurubul cu piuliţa, conform desenului din *fig.* 9. Se vede că la un capăt şurubul poartă un tambur randalinat *T*, lung de 15 mm şi cu diametrul de 35 mm: acest tambur va fi rotit încet în timpul executării ghidajului pentru fotografiere. Prin rotirea sa, şurubul va face piuliţa *P* să înainteze, trăgînd prin banda de metal roata orară. Un arc spiral, notat cu *AS*, va trage roata în sens contrar, pentru eliminarea oricărui joc. Viteza necesară pentru rotirea tamburului — deci cea de înaintare a piuliţei — ne va spune după cît timp de rotaţie în sensul mişcării diurne va trebui să repunem, prin mişcarea inversă, piuliţa la capăt. Un calcul simplu arată că putem lucra continuu

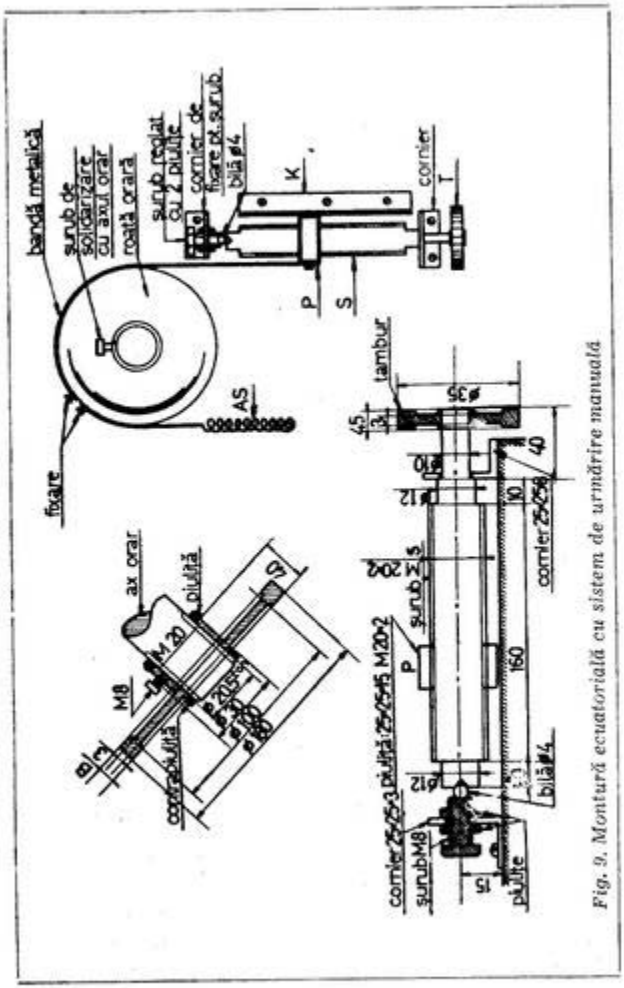


Fig. 9. Montură ecuatorială cu sistem de urmărire manuală

pentru ghidare, fără a fi necesară repunerea la capăt a piuliței, timp de cca 350 minute — 70 ture a cîte 5 minute.

Vă propun ca după realizarea instalației, a cărei greutate totală nu va depăși 5 kg, să vă deplasați într-un loc cu cer curat, departe de iluminări nocturne, fum și praf, pentru probe. La 20—25 km de București (pentru alte orașe, la distanțe considerabil mai mici), cerul este foarte curat, fără a mai vorbi de o deplasare în regiunea muntoasă, unde o altitudine de 800—1 000 m este ideală.

Ca regiuni mai interesante, vara (iunie—august) în jurul orei 22, fotografiați regiunea constelației Lira — luați steaua Vega ca stea de ghidaj — aceea a Lebedei (stea-ghid : Deneb) și altele. În timpul iernii se impune fotografierea regiunii Hyadelor și Pleiadelor, zona constelației Orion și multe altele.

Procedeul de fotografiere este următorul : după ce faceți orientarea instalației conform celor indicate la capitolul IX, alegeți o regiune stelară pentru fotografiere și căutați în zonă o stea mai strălucitoare, pe care o veți lua ca stea de ghidare : ea va fi „prinsă" pe crucea de fire din cîmpul ocularului și, mișcînd încet șurubul melcat al coroanei, sau tamburul randalinat vă veți strădui să păstrați imaginea stelei cît mai exact pe crucea de fire ; cîteva exerciții preliminare vor ușura considerabil această operație.

Deschiderea obturatorului aparatului fotografic se va face îndată ce am început să urmărim steaua de ghidare în cîmpul lunetei, iar urmărirea ei va continua pe toată durata expunerii, încetarea ghidajului fiind în mod obligatoriu precedată de închiderea obturatorului aparatului.

Dacă ați efectuat corect ghidarea, imaginile stelelor vor apărea pe negativ ca mici puncte perfect circulare (evident, punerea la punct a obiectivului aparatului se face pentru infinit ; în caz contrar, ele apar ca mici dîre, ceea ce vă va forța să repetați fotografia. Acasă, procedați la developarea clișeelor în revelatori potriviți scopului (nu la ateliere, unde se utilizează revelatori universali !), și anume revelatori contrast pentru granulație fină sau medie — *Rodinal R 09*, în soluție *1 : 20* sau *Kodak D-76 d*. Iată dealtfel o rețetă de revelator (dacă obișnuiți să-l preparați singuri — lucru extrem de recomandabil) :

Revelator Kodak D-76 d (grăunte fin, egalizator)

Apă (30°—45 °C)	750 ml
Metol	2 g
Hidrochinonă	5 g
Sulfit de sodiu anhidru	100 g
Acid boric cristalizat	8 g
Borax cristalizat	8 g
Apă	pînă la 1 litru

Dizolvarea substanțelor se va face în ordinea indicată, mai întîi în 750 ml de apă, completîndu-se pînă la 1 litru. Developarea durează în doză 3—4 minute, la +18 °C.

Înainte de a trece mai departe este indicat să vă revedeți cunoștințele despre constelații și despre modul cum pot fi recunoscute pe cer. În anexele de la sfîrșitul acestui volum veți găsi indicațiile necesare. Cît privește constelațiile — la paginile 230—234 veți găsi 5 hărți ale cerului care sper că vă vor fi de ajutor pînă ce vă veți procura unele hărți mai complete. Poate că fotografia stelară vă va pasiona pînă într-atît, încît o să vă alcătuiți singuri un mic atlas fotografic al cerului. Vom mai vorbi despre aceasta. Pînă atunci să discutăm puțin despre steaua cea mai importantă pentru noi, cea care prin energia răspîndită face posibilă viața pe Pămînt, — *Soarele* — astru care constituie și obiectivul nr. 1 al multor observatoare astronomice de pe glob.

CAPITOLUL III

DE LA IMPLORAREA LUI AMON-RA LA SERVICIUL INTERNAȚIONAL AL SOARELUI

Trăind în frica naturii și a fenomenelor ei, oamenii care locuiau în urmă cu mii de ani pe malurile fertile ale Nilului atribuiau Soarelui supreme puteri. Proslăvindu-l fie sub numele de Osiris, fie sub acela de *Amon-Ra*, vechii locuitori ai Egiptului socoteau Soarele drept izvor al vieții — aripile gigantice ale reprezentărilor zeului simbolizînd parcă învăluitoarea sa putere asupra întregii naturi.

Au trecut de atunci zeci de veacuri, timp în care credințele de pe malurile Nilului au rămas de domeniul istoriei. Astăzi știm foarte multe lucruri despre Soare, dar nu suficient de multe. Un „nu știm destul" stăruie în cercetarea astronomică cu atita îndărătnicie, încît pentru ștergerea lui din cărțile de astronomie au fost create nu numai secții speciale, ci chiar mari observatoare astronomice consacrate aproape exclusiv cercetărilor solare. Mai mult, a fost format un serviciu de urmărire a complexului de fenomene solare : este vorba de „Serviciul Internațional al Soarelui". Înainte de toate, să reamintim cîteva cunoștințe cu caracter general.

Unul dintre cele mai importante rezultate ale astrofizicii este descoperirea faptului că structura și evoluția unei stele este definită și poate fi determinată dacă se cunosc masa și compoziția chimică a stelei. Fără a anticipa, putem spune că în compoziția chimică a unei stele normale predomină hidrogenul ; urmează heliul și, într-o proporție foarte redusă, alte cca 60 de elemente. Avînd aceste date, astrofizicienii pot calcula ceea ce se numește modelul teoretic al stelei ; multe modele au și fost calculate. În cazul Soarelui — *steaua noastră* — unde cunoaștem în amănunt și fenomenologia —, modelele teoretice au putut fi mult aprofundate și comparate cu datele de observație. Concentrat, iată rezultatele obținute, din interior spre exterior :

STRUCTURA GENERALĂ A SOARELUI

Zona	Grosime (km)	Temp. (°K)	Pres. (kg/cm²)	Dens. (g/cm³)
Nucleu	raza—35 000	$15{,}3 \cdot 10^6$	10^{11}	240
Strat radiativ	550 000	Scade la 10^4	Scade la 10	Scade la 0,1
Strat convectiv	100 000	„ 7 000	„ la 0,1	„ 0,01
Fotosfera	300	5 785	0,01	10^{-7}
Cromosfera	15 000	4 400—30 000	$3 \cdot 10^{-7}$	cca 10^{-12}
Coroana internă	200 000	$1-2 \cdot 10^6$	cca 10^{-10}	cca 10^{-16}
Coroana externă	8 000 000	$0{,}6-4 \cdot 10^6$	cca 10^{-10}	cca 10^{-16}
Supercoroana	250 000 000 ?	Scade la 10^3	sub 10^{-14}	infimă

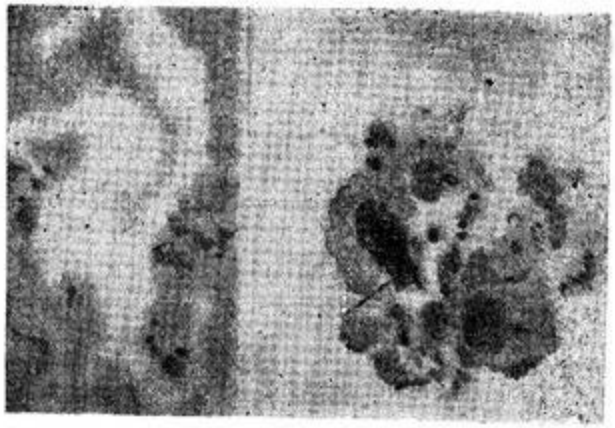


Fig. 10. Erupția cromosferică din 7 august 1972 și grupul de pete asociat

La 7 august 1972, la orele 17 s-a declanșat una dintre cele mai puternice erupții solare — mai puternică decît toate fenomenele similare observate în ultimii 13—14 ani. Valuri gigantice de raze X și ultraviolete, de radiații radioelectrice erau lansate în spațiu, în timp ce nori imenși de particule atomice ionizate — electroni, nuclee de hidrogen (protoni) și nuclee de heliu (particule alfa) — părăseau zona erupției cu viteze de sute și mii de kilometri pe secundă. Erupția de la 7 august 1972 constituie un exemplu tipic de fenomen solar cu caracter brusc, a cărui acțiune este din plin resimțită de planeta pe care locuim. Și nu o dată, în fața știrilor care apar în presă despre asemenea fenomene, se mai manifestă ici-colo cîte o părere sumbră — total lipsită de rațiune — despre apropiata „explozie a întregului Soare"!

Înainte de a continua, socotesc că ar fi necesar să amintesc că, aidoma tuturor celorlalte stele, Soarele emite întreaga gamă de radiații electromagnetice și corpusculare [1]. Problema care s-a pus și nu a fost rezolvată decît prin anii 1938—1939 a fost nu atît cantitatea emisă din fiecare tip de radiație — dealtfel trecerea în spectrul electromagnetic este continuă, nu bruscă — ci sursele, procesele care stau la baza acestei energii : cum este ea produsă ?

Soarele emite o cantitate imensă de energie : ea se cifrează la $3{,}87 \cdot 10^{23}$ kilowați. Din această energie, planeta noastră nu interceptează decît cca a doua miliarda parte sau cca $1{,}76 \cdot {}^{14}$ kilowați. Socotiți ce reprezintă acest debit pentru cei cel puțin 3,5 miliarde de ani în care debitul radiativ al astrului nu s-a modificat.

După ce, timp de aproape un secol, tendințele de explicare a surselor energetice ale Soarelui s-au rotit în jurul unor fenomene macrofizice — dar fără rezultat — sfîrșitul deceniului al IV-lea al secolului nostru ne-a furnizat soluția : *energia nucleară*. Într-adevăr, teoria relativității arătase că schimbarea calitativă de la substanță la energie radiantă — tot formă a aceleiași materii, eterne și indestructibile — reprezintă o sursă energetică gigantică. Ecuația fundamentală, scrisă de Albert Einstein, este :

$$E = mc^2$$

unde E reprezintă energia exprimată în ergi, m — masa substanței exprimată în grame iar c — viteza luminii. Oricare ar fi substanța, un gram are un echivalent energetic de $9 \cdot 10^{20}$ ergi sau $9 \cdot 10^{10}$ Kw. Această echivalență apare ori de cîte ori o

[1] Pentru detalii vezi lucrările nr. 8, 11 și 30 din bibliografia recomandată cititorilor.

cantitate de substanță se transformă în energie radiantă. În condițiile care domnesc în zona centrală a Soarelui (în nucleul acestuia), prin procese binecunoscute [1], cite 4 nuclee de hidrogen fuzionează formînd un nucleu de heliu. În această reacție termonucleară, numită astfel pentru că are loc la temperaturi ridicate, stă „secretul" energiei Soarelui și a imensei majorități a stelelor, energie care părăsește nucleul și, treptat, ajunge în ultimă instanță să fie radiată în spațiu. Dealtfel „secretul" nu mai este astăzi un secret. Într-adevăr, masa unui proton este de 1,00813 unități atomice de masă (1 *u.a.m.* = $1{,}67 \cdot 10^{-24}$ grame), în timp ce masa nucleului de heliu este de 4,00389 *u.a.m.* — deci mai puțin decît suma aritmetică a masei celor 4 protoni care intră în sinteză. Diferența este de 0,02863 *u.a.m*; aceasta, numită defect de masă, este cea care se transformă în energie radiantă, calculabilă pe baza formulei lui Einstein.

La scara unei singure reacții, energia rezultantă este infimă: cca $4{,}5 \cdot 10^{-5}$ ergi. Luați însă în considerare totalul defectului de masă pe secundă al Soarelui, care reprezintă cifra de 4,3 milioane de tone, și veți înțelege ce înseamnă energia Soarelui. Devenind pe fiecare secundă „mai ușor" cu 4,3 milioane de tone, astrul zilei emite sub formă de energie radiantă o cantitate de: $E = 4{,}3 \cdot 10^{12} \cdot 9 \cdot 10^{20} = 3{,}87 \cdot 10^{33}$ ergi sau $3{,}87 \cdot 10^{23}$ Kw — ceea ce am spus și mai înainte.

Rezolvarea problemei energiei solare reprezintă un mare pas înainte în cunoașterea astrului care ne luminează și ne încălzește. Acest lucru a deschis calea fizicienilor în realizarea pe Pămînt, în laborator și apoi pe scară industrială, a unor procese similare; ele au fost înfăptuite în instalații

[1] Vezi: G. Gamow — O stea numită Soare, Ed. Științifică, București, 1969.

— OGRA, ZETA, STELLARATOR și altele — dar numai pentru intervale de ordinul miimilor de secundă, atingîndu-se temporar temperaturi de ordinul a 100 de milioane de grade. Cînd se vor realiza reacții termonucleare controlate pe timp nelimitat, „foamea de energie" a umanității va fi pe deplin satisfăcută.

Ce se întîmplă mai departe cu energia solară? Ea părăsește nucleul grație curenților de convecție care o poartă pînă la stratul radiativ. Aici transportul de energie nu se mai face prin curenți de substanță fierbinte, ci prin radiație: straturile profunde cedează energia celor de deasupra lor, care, la rîndul lor, o cedează celor de mai sus etc., pînă la stratul convectiv unde, din nou, energia începe să fie transportată spre exterior prin curenți de materie fierbinte. Vîrfurile acestor curenți sînt observabile la suprafața Soarelui. Sînt acei nori de materie fierbinte a căror durată medie de existență este de cca 7 minute și cu dimensiuni cuprinse între 400 și 2 000 de kilometri, care se numesc granule. Francezii le spun *grains de riz* — boabe de orez — și, într-adevăr, aspectul general este acela al unei suprafețe acoperite cu boabe de orez.

Observarea aspectului fotosferei — chiar cu posibilitatea distingerii granulației — nu ar prezenta nimic spectaculos. Dar, cu secole înaintea lui Galilei, numeroase documente semnalau vizibilitatea (pe Soare) a unor puncte întunecate. Este meritul savantului italian faptul de a fi descoperit efectiv *petele solare* și de a fi demonstrat apartenența lor solară: observațiile mai vechi le considerau fie păsări în zbor în dreptul Soarelui, fie planete în aceeași poziție.

Cu petele solare intrăm în fenomenologia suprafeței solare. Prezența unor puternice cîmpuri magnetice cu caracter local, de mii de ori mai intense decît cîmpul magnetic general al Soarelui, face

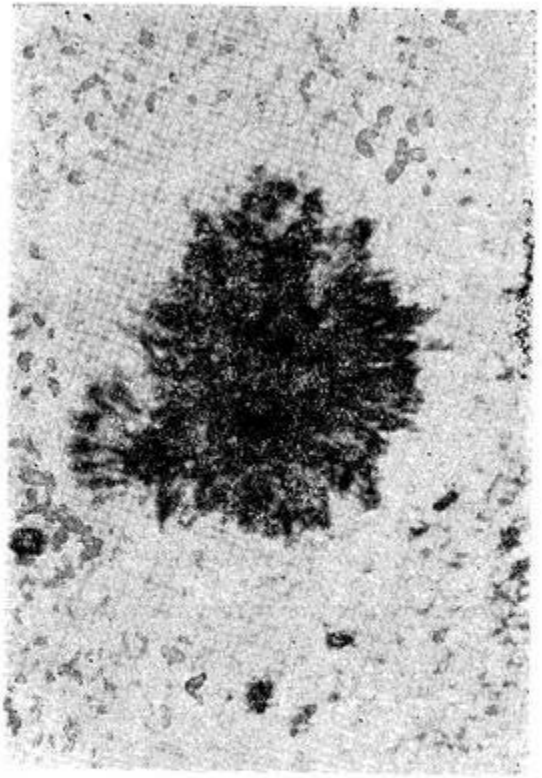


Fig. 11. Pată solară simplă

ca în punctele respective să apară o circulație specifică a substanței, formîndu-se un fel de ciclon. În acest vîrtej, substanța provenită din zonele vecine este antrenată — la nivele superioare — spre centrul ciclonului, pe a cărui axă, aceasta coboară; ajunsă la cîteva sute de kilometri mai jos, materia este antrenată radial, în sens contrar, adică de la interior spre exterior.

În zona centrală a acestui ciclon, temperatura gazelor este de cca 4 750 °K (grade Kelvin sau absolute : 0 °K = —273°, 16 C), astfel că, prin contrast cu fotosfera care are aproape 6 000 °K, zona pare neagră — de fapt un violet închis. Regiunea poartă numele de umbră sau nucleu al petei *(fig. 11)*. De jur împrejurul umbrei se găsește penumbra. Mai deschisă la culoare, penumbra unei pete prezintă un fel de fire mai întunecate și mai luminoase dispuse radial, punți strălucitoare ce ajung uneori să traverseze nucleul etc.

Ceea ce am spus se referă la tipul de pată regulată — caz dealtfel nu prea frecvent, mai ales în anumite perioade. În grupurile de pete, cu deosebire în cele mari, se găsesc numeroase nuclee înconjurate de o penumbră comună, nuclee izolate, fragmente de penumbră etc. Cu toate acestea, în varietatea de forme, zone de apariție și frecvență a petelor au fost descoperite o serie de legi generale — unele mai amănunțit explicate, altele mai puțin. Astfel, petele nu apar decît în două zone solare, simetrice față de ecuatorul solar, cuprinse între latitudinile de ±5° și ±40°. Rar apar pete în zona ecuatorială și foarte rar dincolo de latitudinea de ±40° : un caz este acela al unei mici pete care a apărut în august 1953 pe latitudinea de +53°, dar care a dispărut în numai cîteva ore; alta, apărută la +42° în anul 1957, a avut aceeași soartă.

Frecvența și suprafața petelor este — ca o a doua lege — continuu variabilă, prezentînd maxime, în medie, la fiecare 11,01 ani. De la un maxim la minimul următor trec 6,5 ani, în timp ce creșterea spre maxim este mai rapidă, efectuîndu-se în cca 4,5 ani și chiar mai puțin, dat fiind

faptul că maximul poate fi un maxim plat, adică activitatea se menţine timp de 10—15 luni la un nivel ridicat, dar constant. Perioada cuprinsă între două minime consecutive este numită ciclu de activitate solară şi este caracteristică pentru fenomenele solare în totalitate, nu numai pentru pete. Cu titlu informativ, iată valorile numărului relativ mediu — un indice de activitate de care vom vorbi pe larg mai tîrziu — al activităţii de pete în ultimii ani, după cifrele publicate de „Serviciul Internaţional al Soarelui" de la Zürich:

1963 : 27,5	1968 : 105,9 (maxim)
1964 : 10,2 (minim)	1969 : 105,5
1965 : 15,1	1970 : 104,5
1966 : 47,0	1971 : 66,5
1967 : 93,8	1972 : 68,9

În afara maximului plat din 1968—1970, alte maxime au avut loc în anii 1957 şi 1947, iar minime de activitate au fost înregistrate în anii 1944 şi 1954. De remarcat şi faptul că perioada de 11,01 ani este doar o medie: de exemplu, au avut loc maxime la un interval de numai 7,3 ani (1830 şi 1837), după cum acest interval de timp a ajuns la 17,1 ani (1787—1804).

În structura grupurilor complexe de pete, pata frontală şi pata codală au polarităţi magnetice opuse, această opoziţie este inversă şi de la o emisferă la alta. De exemplu, dacă toate petele frontale ale grupurilor apărute într-o emisferă au polaritate nord, cele ale grupurilor din emisfera opusă au polaritate sud. Aceasta se inversează în ciclul următor şi nu revine la situaţia iniţială decît în celălalt ciclu de activitate. Evident, faţă de polarităţile petelor frontale, cele ale petelor codale sînt şi ele opuse şi urmează aceeaşi lege. De

aceea, astăzi se consideră că un ciclu de activitate solară este de 22,02 ani şi cuprinde 2 maxime şi două minime; acest interval este numit ciclul Hale — după numele lui G. E. Hale, descoperitorul magnetismului solar.

O lege binecunoscută de toţi „solariştii" este aceea a relaţiei dintre faza ciclului de activitate solară şi latitudinea medie de apariţie a petelor. Astfel, la începutul unui ciclu de activitate, petele apar la latitudini ridicate. Treptat, pe măsură ce se avansează în ciclu, latitudinile medii de apariţie scad, dar, spre maximul de activitate, unele pete continuă să apară pe latitudini tot mai joase, în timp ce altele încep să apară pe latitudini mai ridicate. Acest fenomen, plasat pe o diagramă, dă ca rezultat o figură specifică, cunoscută sub numele de *diagrama-fluture*.

Explicaţia de fond a legilor enunţate este încă destul de vagă. Ea ţine în orice caz de circulaţia internă a materiei în Soare pentru care sîntem încă în domeniul ipotezelor: modelele solare calculate pînă acum au încă puncte neclare cînd este vorba să se ţină cont de rotaţia Soarelui, de formarea cîmpurilor magnetice locale etc., fără să mai spunem că ele se bazează şi pe unele ipoteze simplificatoare. În mod cert cuvîntul fundamental va fi spus de magnetohidrodinamică — disciplină ştiinţifică în plină dezvoltare.

Apariţia şi dezvoltarea petelor nu constituie singura caracteristică a fotosferei — ca fenomene aparte. Examinarea atentă a discului solar, mai ales spre marginile sale, care apar mai întunecate, va arăta repede prezenţa unor zone ceva mai strălucitoare şi mai fierbinţi cu cca 150° decît restul fotosferei. Sînt *faculele*, fenomene care apar fie ca plaje uniforme, fie ca zone granulare sau asemenea unor fire dezordonate. Ele sînt strîns legate de pete: nici un fel de pată nu apare dacă

în locul respectiv nu există o faculă, aceasta din urmă dispărînd după dispariția petelor. Nu există pată fără facule în jur, dar există foarte multe zone faculare în care nu apar pete.

Am insistat asupra cîmpurilor magnetice ale grupurilor de pete. Ar fi greșit să se creadă că acestea manifestă o regularitate, un calm de structură. Deseori, mai cu seamă în grupurile mari de pete, care pot atinge și chiar depăși 200 000 km lungime — și care prezintă modificări uneori de la o oră la alta — magnetismul are o structură complicată, cu treceri extrem de rapide de la o polaritate la alta (și ca intensitate). Acestea sînt însă structuri instabile care se cer parcă reechilibrate: restabilirea echilibrului se face prin fantastice descărcări de energie, pe care noi le observăm tocmai sub forma erupțiilor cromosferice.

Procesele evolutive ale erupțiilor cromosferice au fost studiate cu multă atenție. Paul Wild arată că erupțiile, deși numite cromosferice, încep de fapt în atmosfera joasă — în coroană — deasupra unei zone de instabilitate magnetică situată în cromosferă. În evoluția unei erupții, spune Wild, se pot distinge mai multe faze caracteristice.

Prima fază ar fi aceea a unei puternice descărcări electrice într-o condensare de plasmă, însoțită de o expulzare de electroni puternic încărcați și de radiație cosmică.

Faza a doua este aceea de expansiune a norului de plasmă, simultan cu emisiunea de unde radioelectrice și radiație X, ca și de radiații electromagnetice, din domeniul luminii vizibile.

A treia fază este caracterizată de lansarea în spațiu a unei unde de șoc, ca un front de particule — protoni și electroni — cu viteza de cca 1 000 km pe secundă, în timp ce efectul luminos al erupției continuă; de remarcat că această fază

începe la aproximativ 5 minute după declanșarea fenomenului — ceea ce atestă viteza sa de desfășurare.

După alte 5—6 minute urmează cea de a patra fază. Se declanșează o mică protuberanță numită *surge* (engl.), în care plasma se deplasează cu viteza de 500—600 km/sec, precum și o emisie de unde radioelectrice în domeniile undelor metrice, decimetrice și centimetrice. Simultan, apare o puternică emisie de protoni rapizi și un nou val de radiație cosmică. Ultima fază are loc la cîteva ore după dispariția erupției, cînd totul pare că s-a liniștit. În locul în care a fost observată erupția, apare o protuberanță în formă de arc, în timp ce în domeniul undelor radioelectrice au loc emisiuni tardive de unde cu lungimi metrice. Treptat, și acestea încetează, dar efectele fenomenului continuă în spațiu la milioane de kilometri depărtare, ca un semn al formidabilei descărcări de energie, echivalînd cu aceea a sute și chiar mii de bombe cu hidrogen, de cel mai mare calibru.

Erupțiile cromosferice nu sînt decît rareori observabile cu lunetele și telescoapele obișnuite (numai atunci cînd emisia de unde din domeniul spectrului vizibil este suficient de puternică spre a depăși, ca intensitate, pe cea a fotosferei). Deoarece elementul lor fundamental este localizarea în cromosferă, erupțiile sînt observabile, prin excelență, cu ajutorul instrumentelor care, izolînd din spectrul solar vizibil radiațiile specifice cromosferei, permit observarea acesteia în dreptul și pe marginea discului solar. Acestea sînt: spectrohelioscopul (vizual), spectroheliograful (fotografic) și filtrul monocromatic.

Vorbind despre erupții, am ajuns la atmosfera joasă a Soarelui: *cromosfera*. Pentru ea nu este specifică numai producerea erupțiilor, ci și apariția protuberanțelor, existența unor alte fenomene

și în special structura ei ca strat intermediar între globul solar propriu-zis și *coroana* astrului.

În primul rînd, cromosfera este transparentă pentru marea majoritate a radiațiilor spectrului vizibil, emise de fotosferă, care pot ajunge pînă la noi. În al doilea rînd, pe grosimea ei de circa 15 mii de km, cromosfera cuprinde circa 78% hidrogen, 20% heliu, iar restul de 2% revine celorlalte aproximativ 60 elemente care au fost găsite acolo.

Temperatura cromosferei, mai scăzută la început decît cea a fotosferei, atinge 4 400 °K la bază, dar se ridică la 30 000 °K, în partea superioară. Mai mult, firele fine care se ridică din cromosferă cu 3—5 000 km și care alcătuiesc un fel de „iarbă" ating temperaturi pînă la 40 000 °K. Acești spiculi, cum sînt numite firele cromosferei, constituie și o cale de trecere a energiei spre coroana solară — motiv ce justifică într-o oarecare măsură temperaturile ridicate.

Observarea cromosferei pune imediat în evidență existența (deasupra petelor de pe fotosferă) a unor mișcări turbionare a gazelor — așa-numitele „solar vortices" și care trebuie puse în legătură cu circulația materiei în pete. În jurul petelor, mai precis deasupra tuturor regiunilor faculare, se observă un fel de zone luminoase cunoscute sub numele de *flocculi*; la observarea cromosferei cu ajutorul radiației calciului ionizat, prezența flocculilor este și mai bine marcată, fapt care confirmă efectele pe înălțime ale fenomenelor fotosferice.

Pe lîngă erupții, cu un grad superior de spectaculozitate, trebuie să menționăm *protuberanțele*. Dacă erupțiile cromosferice pot fi observate de regulă numai cu ajutorul filtrelor monocromatice sau al spectroheliografelor, observarea protuberanțelor, care se manifestă prin excelență pe înălțime, este accesibilă și unor instrumente mai puțin com-

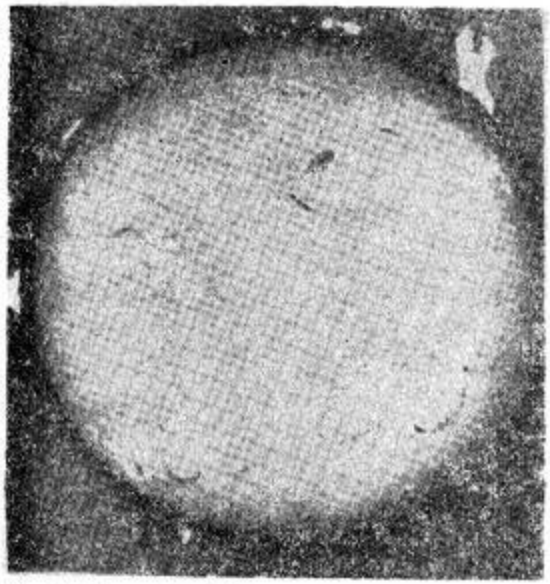


Fig. 12. Filamente pe disc și protuberanțe la bordul solar

plicate — respectiv mai puțin costisitoare — cum ar fi spectroscoapele pentru protuberanțe și coronoscoapele (în forme puțin simplificate).

Închipuiți-vă că pe cromosferă s-ar forma un fel de „lame de plasmă", aproximativ verticale, avînd grosimi medii de 6 000 km, înălțimi (tot medii) de 50 000 km și lungimi de 180—200 000 km. Gazele incandescente care compun un astfel de fenomen — hidrogen, heliu, fier, calciu etc. — au temperaturi de cel puțin 4 500 °K. Aceasta este imaginea tipică a unei protuberanțe solare. Dacă protube-

ranţele sînt observate în dreptul discului solar, fiind văzute pe grosime, ele apar ca un fel de fire subţiri, neregulate, şerpuitoare, de culoare neagră. În această situaţie ele poartă numele de filamente. În schimb, la marginea discului solar, ele se văd din profil şi se proiectează pe fondul cerului — de fapt pe fondul coroanei solare, cum vom vedea — putînd fi observate cu mult mai bine. Este uşor de înţeles că în cîmpul coronografului, unde prin sisteme optice se realizează o eclipsă totală de Soare artificială, protuberanţele pot fi foarte uşor observate.

Protuberanţele nu au limite de apariţie — cel mult, zone de frecvenţă maximă. Ele pot fi observate atît la ecuatorul solar, cît şi la latitudini medii, ridicate chiar şi la polii Soarelui.

Ceea ce este remarcabil în activitatea de protuberanţe este faptul că şi în cazul lor se remarcă variaţii de frecvenţă, arie, activitate etc. Numai că maximele, respectiv minimele activităţii de protuberanţe, au loc cu o oarecare întîrziere — la cca 1 an după cele ale petelor. Se observă, şi în apariţia protuberanţelor, particularitatea semnalată în apariţia petelor. Apărute la minimum de activitate solară, spre latitudini de ±40°, unele protuberanţe urmează îndeaproape deplasarea petelor spre latitudini din ce în ce mai joase, în timp ce altele încep să apară la latitudini tot mai ridicate. Totuşi, faptul că protuberanţele pot să apară şi la polii Soarelui nu este încă pînă acum explicat; poate numai legătura lor cu atmosfera înaltă a Soarelui — coroana — să fie cauza.

Varietatea de protuberanţe necesită şi ea o anumită grupare. Astfel, unele protuberanţe, avînd cele mai diferite şi dezordonate aspecte — uneori iau forme de copaci, păduri sau tufe, nori suspendaţi — se menţin ca atare zile şi chiar săptămîni întregi cu modificări neînsemnate. Acestea sînt pro-

tuberanţele liniştite sau quiescente. În interiorul lor, gazele se mişcă lent, cu viteze de numai cîţiva km/sec; temperatura lor este destul de scăzută, fiind cuprinsă între 5 000 şi 10 000 °K. O excepţie o constituie protuberanţele suspendate deasupra cromosferei — deci în coroană — ale căror temperaturi, ca urmare a mediului coronal foarte fierbinte, depăşesc 20 000 °K.

Cu mult mai spectaculoase însă sînt celelalte protuberanţe, cunoscute sub numele de protuberanţe eruptive. Ele sînt aproape invizibile în dreptul discului solar. Văzute însă la marginea lui, aceste protuberanţe se manifestă ca fenomene cu totul grandioase. Din cauza vitezei de deplasare a materiei lor, care poate atinge şi chiar depăşi 1 000 km/sec, schimbările de aspect sînt foarte rapide, gazele îndepărtîndu-se de Soare şi pierzîndu-se în mediul coroanei solare. Sînt cazuri cînd protuberanţele eruptive au putut atinge 1,5 milioane km altitudine, cum a fost cazul unei protuberanţe observate la 4 iunie 1946 şi care, în interval de o oră şi 20 minute, s-a ridicat de la 100 000 la 1,5 milioane km, ca după aceea, în puţine minute, să dispară fără urmă.

Protuberanţele eruptive, compuse din hidrogen, heliu şi mulţi vapori de metale, sînt mai fierbinţi; temperaturile lor ating 40 000 °K. Ele sînt însă numai o clasă a grupei mult mai mari de protuberanţe — grupa protuberanţelor active. Alte clase sînt constituite de protuberanţele legate de pete, cele numite nori coronali, cele cunoscute sub numele de tornado etc. Deşi observarea lor nu se poate face decît cu ajutorul instrumentelor speciale, veţi găsi în cap. IX proiectul simplificat la maxim al unui coronoscop. Filtrul special de interferenţă care este necesar, fiind înlocuit cu un filtru roşu, instrumentul nu va putea fi utilizat decît în condiţiile unui cer foarte curat — la munte

(mai ales după cîte o aversă de ploaie care purifică atmosfera de pulberi, fum etc.).

Şi protuberanţele prezintă destule „puncte albe". Ele sînt formate din hidrogen şi heliu, dar conţin şi mari cantităţi de vapori ai unor metale, ai căror atomi şi-au pierdut cîte unul sau mai mulţi electroni periferici — atomi ionizaţi. Rămîn de explicat fenomene de mult observate, ca, de exemplu, modul în care protuberanţele se pot menţine deasupra cromosferei, cauzele pentru care unele protuberanţe liniştite devin, fără nici un fel de motiv observabil, protuberanţe eruptive, cauzele pentru care maximele — respectiv minimele activităţii de protuberanţă — nu coincid cu cele ale petelor etc.

Sectorul solar al *Observatorului Astronomic din Bucureşti al Academiei R. S. România* este afiliat „Serviciului Internaţional al Soarelui". Cu ajutorul unei lunete de 135 mm diametru, în fiecare zi senină se fac observaţii fotografice asupra petelor. O altă lunetă, de 100 mm diametru, este prevăzută cu un filtru monocromatic care lasă să treacă numai radiaţia roşie a hidrogenului: în acest mod sînt observate fenomenele cromosferei — protuberanţe, erupţii, filamente. Rezultatele observaţiilor, publicate anual în Buletinul *Observations Solaires*, sînt transmise lunar, bilunar sau trimestrial, centrelor mondiale ale „Serviciului Internaţional al Soarelui".

Au trecut mai bine de 13 ani de cînd am văzut prima oară coroana Soarelui, şi aspectul reţinut în acea memorabilă zi — 15 februarie 1961 — nu m-a părăsit (*fig.* 13).

Coroana solară — această atmosferă înaltă a Soarelui — a constituit multă vreme un mister, parcă de nepătruns. Ce elemente intră în constituţia ei? Care sînt condiţiile sale fizice şi ce procese o caracterizează? Cum se menţine?

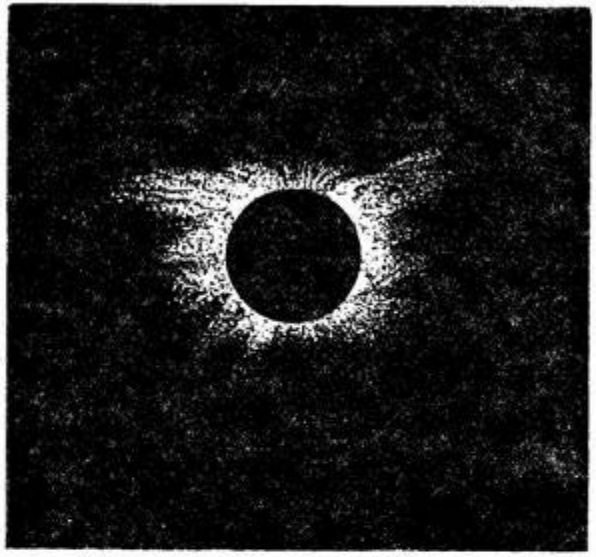


Fig. 13. Coroana solară la 15 februarie 1961 — desen de autor

Lipsa de cunoştinţe avea o cauză bine definită: aureola argintiu-sidefie a astrului nu putea fi observată decît în rarele ocazii ale eclipselor totale de Soare şi care, după locurile unde puteau fi observate, necesitau lungi şi costisitoare expediţii. Astronomii se deplasau pe distanţe de mii de km pentru cele cîteva minute ale eclipsei totale, fără să mai socotim că un singur nor, care se putea forma în dreptul Soarelui exact în timpul totalităţii, putea reduce toate eforturile la zero.

Astăzi, împotriva norilor există iodura de argint şi avionul modern. Radio-telescopul „vede" co-

roana şi prin nori, iar *coronograful* permite observarea zonelor interne ale coroanei în orice zi senină.

Inventat de către astronomul francez Bernard Lyot (1899—1952), coronograful, acest instrument de mare fineţe, realizează de fapt în interiorul său o eclipsă totală de Soare. O „Lună artificială" este intercalată în sistemul optic de aşa manieră, încît privind prin ocularul instrumentului, în condiţii de cer foarte curat — de regulă la mare altitudine — se pot observa zonele interne ale coroanei şi, în mod admirabil, protuberanţele de la marginea discului solar.

Astronomii au reuşit totuşi să obţină numeroase date de observaţie care să permită şi formarea unor vederi de ansamblu. Din punct de vedere structural coroana este formată astfel:

— o componentă fundamentală, a cărei strălucire la marginea discului solar este de cca 10 milioane de ori mai mică decît a Soarelui, numită coroana *L*. Aceasta este constituită din atomi grei, puternic ionizaţi, ca: atomi de fier care au pierdut 16 din cei 26 electroni periferici, atomi de calciu care au pierdut 14 electroni din 20, atomi de nichel cărora le lipsesc tot 14 electroni din cei 28 etc;

— o componentă „albă" numită coroana *K*, care este formată din electroni liberi. Avînd o strălucire mai mare decît a coroanei *L* (cam de 100 ori) coroana *K* se întinde pînă dincolo de 6—7 milioane de km (coroana *L* se întinde pînă spre 0,8 milioane km), în special sub formă de jeturi coronale, un fel de şuvoaie de electroni ce pot fi bine văzute numai în timpul eclipselor totale;

— coroana *F* este constituită în special din pulberi fine, predominînd mai ales dincolo de cca 1,2 milioane de km de la marginea discului solar, unde şi strălucirea ei devine preponderentă faţă de cea a coroanei *K*. Această a treia componentă a

coroanei se întinde cu mult mai departe — pînă la peste 90 milioane km — pierzîndu-se treptat în mediul rarefiat al pulberilor circumsolare care constituie ceea ce se numeşte de obicei „lumina zodiacală".

Unul dintre marile semne de întrebare privind coroana a fost acela al temperaturii sale. Într-adevăr, metode diferite au arătat că mediul coronal are o temperatură extrem de ridicată, care se cifrează la valori de ordinul a 1,7 milioane grade. Alte metode au dat chiar valori mai mari. Valoarea mare explică şi ionizarea puternică a atomilor. Temperatura coroanei, la distanţe de cca 1 milion de km de suprafaţa Soarelui, este de 1,7 milioane grade în coroana liniştită, de cca 1 milion grade în zonele polare şi de 3, 4 chiar 8 milioane grade în zonele active.

Sursa temperaturii coroanei constituie încă subiect de discuţii. Evident, nu se poate pune problema unei încălziri în sensul comun, datorită Soarelui. Un corp încălzit nu poate încălzi pe altul peste temperatura sa — ori suprafaţa Soarelui nu are decît cca 6 000 °K. De aceea, alte fenomene au fost întrevăzute ca fiind responsabile de înaltele temperaturi ale atmosferei solare. Astfel, Alfvèn susţine prezenţa undelor hidromagnetice, în timp ce alţi autori vorbesc de unde sonore, care, producîndu-se în stratul aflat imediat sub fotosferă, trec prin cromosferă şi intră în coroană sub forma undelor de şoc, cedînd energia pe care o posedă particulelor coroanei. Asemenea unde au fost fotografiate în 1972. Ele au lungimi de undă de ordinul a 2 600 km şi se propagă prin cromosferă, în penumbra petelor mari şi regulate, cu viteze de 28 000—40 000 km/oră, succedîndu-se la intervale de 270 secunde. În fine, se mai vorbeşte şi de acţiunea undelor gravitaţionale, de energia ce-

dată de nucleele de heliu, prezente în coroană, în timpul unui proces de „sedimentare coronală" etc.

Recent, în structura coroanei au fost descoperite un fel de „zone reci", în care temperatura nu trece de 600 000 °K. Ele au fost explicate printr-o presiune cam de 3 ori mai mică decît aceea din coroana calmă, iar trecerea energiei prin conducție înapoi spre cromosferă este cantitativ de cca 10 ori mai redusă. Prin aceste „găuri" coronale, vîntul solar care pleacă este cu mult mai puternic, acest lucru fiind bine explicat și prin structura cîmpului magnetic zonal. Anii noștri au adus o precizare fundamentală — aceea a coroanei în expansiune, adică faptul că atmosfera înaltă a Soarelui nu este un dat stabil, cu materie staționară, ci un domeniu de schimb permanent, de trecere a particulelor și de lansare a lor pe traiectoriile interplanetare ale vîntului solar, cu viteze de pînă la 800 km pe secundă.

De fapt, problema fenomenelor solare nu poate fi examinată izolat de aceea a evenimentelor cromosferice și fotosferice. Specialiștii au sesizat de mai multă vreme realitatea legăturii intime între fenomene, astfel că astăzi se vorbește de *centre de activitate* în loc să se vorbească numai de pete, de erupții sau de protuberanțe. Privită prin această prismă, fenomenologia solară s-a dovedit a fi deosebit de complexă. În cîteva cuvinte, iată care este evoluția normală a unei regiuni active.

În ziua întîi, ca rezultat al sporirii intensității cîmpului magnetic local, apare pe fotosferă o mică faculă, însoțită în cromosferă de un mic grup de flocculi și o condensare coronală în formă de cupolă, situată în coroana internă (coroana *L*). În ziua a doua, dezvoltarea, relativ rapidă, duce la formarea primilor pori. După un interval de numai

5 zile, s-a dezvoltat un grup de pete. În cromosferă apar protuberanțe legate de pete, în timp ce cupola coronală începe să se ridice treptat. Această dezvoltare atinge paroxismul cam în cea de a 11-a zi, cînd grupul de pete atinge dezvoltarea maximă; apar erupții cromosferice, iar cupola coronală se desprinde la bază de cromosferă, continuînd să se ridice.

Evoluția continuă cu fenomene locale care, treptat, se reduc în intensitate. La capătul a 54 de zile, adică după două rotații solare, petele au dispărut; în cromosferă persistă o protuberanță liniștită, formată (după Zirker și Ornall) prin răcirea materiei coronale, iar în coroană persistă un fel de arcuri în continuă ascensie. La cca 81 de zile (trei rotații solare) de la apariția primelor facule, acestea dispar și ele. Protuberanța începe să se descompună, iar arcurile coronale se rup, formînd jeturi care pot atinge lungimi de peste 5 milioane de km; procesul continuă cu evoluția resturilor protuberanței care se încheie într-un interval de 160—270 de zile (6—10 rotații solare).

Afară de emisia continuă, unele fenomene solare vin să sporească temporar diferitele tipuri de radiații emise în mod normal. De exemplu, o erupție cromosferică produce în general aproape toate tipurile de radiații. Acestea se deplasează în spațiu, putînd ajunge și în preajma Pămîntului.

Primele radiații care ajung pe Pămînt sînt cele de natură electromagnetică: ele sosesc aici după 8 minute și 19 secunde, timpul necesar străbaterii celor aproape 150 de milioane de kilometri care ne despart de Soare. Unele dintre ele au efecte deosebite asupra planetei noastre. Radiația ultravioletă provoacă perturbații ionosferice bruște în stratul ionosferic *D*, aflat la o altitudine de cca 70 km. Aceste perturbații se traduc prin modificări

ale cîmpului magnetic terestru (sesizabile de magnetometre sensibile), întreruperi şi perturbaţii ale recepţiei radio pe unde scurte şi intensificări ale recepţiei emisiunilor pe unde lungi. De asemenea, tot radiaţia ultravioletă este responsabilă de creşterea cantităţii de ozon din atmosferă (prin formarea de molecule de cîte 3 atomi de oxigen), în special a aceluia care formează un strat situat la 30—35 km altitudine, şi într-o măsură oarecare a aceluia de la 18—20 km altitudine. Lumina produsă în plus de erupţiile cromosferice nu provoacă decît vizibilitatea fenomenului. În schimb, radiaţia radioelectrică este interceptată de radiotelescoape sub forma unor „zgomote", a unor impulsuri radio. Soarele era de exemplu „vinovat" de perturbarea instalaţiilor britanice de RADAR în timpul celui de al doilea război mondial!

Un prim grup de efecte întîrziate ale erupţiilor cromosferice este produs de particulele radiaţiei cosmice emise în acel moment: acestea ajung la Pămînt după cel puţin o oră de la producerea lor şi chiar ceva mai mult. Consecinţele cele mai întîrziate sînt provocate de particulele care ne sosesc la intervale cuprinse între 20 şi 40 de ore de la producerea lor, atît din cauza vitezelor relativ reduse — 1 500—2 000 km/sec, cît şi din cauza traiectoriilor lor, uşor curbate prin acţiunea cîmpurilor magnetice din spaţiu. Efectele acestor particule sînt aceleaşi: producerea de furtuni magnetice şi ionosferice, aurore polare, ca şi intensificarea uneori considerabilă a centurilor de radiaţii din jurul Pămîntului, cunoscute de obicei sub numele de centuri van Allen.

Astfel am putea spune că o erupţie cromosferică este fenomenul care ne pune în directă legătură cu Soarele. Uneori, o astfel de „explozie" eliberează în cîteva ore o cantitate de energie egală

cu aceea care s-ar elibera prin explozia simultană a cîtorva zeci şi chiar sute de mii de bombe cu hidrogen de mare calibru.

Ne mai rămîne de spus un lucru. Ce se întîmplă în general cu radiaţia solară — electromagnetică şi corpusculară — care ajunge în preajma Pămîntului?

Trebuie subliniat că în calea fluxului de radiaţii stau două bariere: atmosfera — în calea undelor electromagnetice — şi magnetosfera — în calea particulelor încărcate electric — adică zona în care intensitatea cîmpului magnetic terestru devine predominantă. Dacă pentru lumina vizibilă atmosfera este mai mult sau mai puţin transparentă, aceasta putînd ajunge pînă la sol şi pătrunzînd în oarecare măsură şi în apă, pentru multe alte radiaţii, învelişul gazos al planetei este opac. De exemplu, radiaţia X poate pătrunde cel mult pînă la 40 km altitudine; o gamă de radiaţii ultraviolete poate ajunge, selectiv, pînă la 90, respectiv 40 km altitudine unde ea este absorbită, apărînd pe la 45 km altitudine un strat de ozon. O altă gamă de radiaţii similare, pentru care atmosfera este mai puţin opacă, ajunge pînă spre 19 km altitudine, unde provoacă apariţia unei noi pelicule de ozon, şi numai un procentaj infim din radiaţia ultravioletă ajunge pînă la sol.

Fenomene similare se produc şi cu radiaţiile care au lungimi de undă mai mari decît radiaţiile din „fereastra optică" a luminii vizibile. Radiaţia infraroşie este şi ea puternic absorbită de vaporii de apă şi de bioxidul de carbon. În unele situaţii — cele cu lungimi de undă de ordinul a 0,01—0,1 mm — ea este oprită la altitudini de 18—20 km. Cît priveşte undele radioelectrice, atmosfera — mai precis ionosfera — nu lasă să

treacă spre sol decît radiaţiile cu lungimi de undă de 8 mm şi pe cele cu lungimi de undă cuprinse între 1,25 cm şi 16—20 m.

Particulele de foarte mare energie (în jur de 6 miliarde de electroni-volţi) ale radiaţiei cosmice *primare* ajung să sfărîme atomi din atmosfera înaltă, provocînd astfel apariţia radiaţiei cosmice *secundare* — a cascadelor acesteia. Celelalte însă — valurile de particule mai puţin energice care alcătuiesc *vîntul solar* — întîmpină pe direcţia din care vin, pe la 70—75 000 km de Pămînt, stratul de tranziţie de la mediul interplanetar la magnetosferă, adică zona în care cîmpul magnetic terestru este predominant. Multe dintre particule sînt deviate aici, aruncate în diferite direcţii în spaţiu, în timp ce altele pătrund în această zonă, trecînd pe lîngă limita propriu-zisă a magnetosferei (situată pe direcţia Soarelui la 64 000 km depărtare). Alte particule, mai energice, traversează şi această limită — magnetopauza — fiind captate de cîmpul magnetic terestru. Ajunse aici, ele încep să se mişte pe liniile de forţă ale cîmpului magnetic terestru, intrînd în bună măsură în aşa-numita „zonă stabilă de captare" — acolo unde se găsesc centurile de radiaţii van Allen. Prima centură are zona centrală la cca 20 000 km deasupra ecuatorului (între 18 000 şi 26 000 km), iar cea de a doua centură, la aproximativ 3 000 km înălţime. În centura internă se găsesc în special protoni de mare energie ca şi electroni. Cît priveşte centura externă, ea cuprinde tot protoni, dar cu energii de 80—120 de ori mai mici şi electroni mult mai puţin energici.

Procesul de formare al centurilor van Allen este totuşi mult mai complex. După unii autori (Lundquist) s-ar putea ca în afara particulelor captate, neutronii produşi în atmosfera înaltă prin bombardamentul radiaţiei cosmice primare, prin descompunere în protoni şi electroni, să alimenteze şi ei centurile; sursa directă solară a fost totuşi pusă în evidenţă prin descoperirea unor nuclee de hidrogen supergreu (tritiu), de origine solară.

Unul dintre cele mai spectaculoase fenomene provocate de radiaţia corpusculară de origine solară îl constituie *aurorele polare*. Avînd vizibilitate optimă la latitudini ridicate (dar nu chiar la poli), luminile diafane ale aurorelor se produc la altitudini cuprinse între 80—1 200 km. Ele sînt provocate de ciocnirile atomilor de oxigen, ale moleculelor de azot etc., cu electroni şi protoni de mare energie, veniţi fie direct din vîntul solar, fie prin precipitarea spre zonele polare C la 15°—30° de polii magnetici) a unor astfel de particule provenind din centurile van Allen. Acest fenomen este provocat de cîmpuri magnetice locale şi tranzitorii care acţionează ca un fel de acceleratori. Surplusul de energie primit de atomi şi molecule este reemis sub formă de radiaţii luminoase viu colorate (roşii, verzi, galbene etc.), formînd arcuri, draperii, raze — într-un cuvînt, întreaga varietate de forme a aurorelor polare.

Fără îndoială, astrul zilei are şi o amplă acţiune asupra altor procese terestre. Cu atît mai mult, urmărirea fenomenelor solare se impune ca o posibilitate deosebită pentru depistarea acestor influenţe a căror cunoaştere ar avea o importanţă ce nu mai trebuie subliniată.

Trecînd la cîteva considerente asupra activităţii cu caracter practic, de la bun început trebuie să arăt că eficienţa observaţiilor solare constă în continuitatea lor. Pentru lucrările statistice mai ales, nu trebuie să treacă nici o zi senină — măcar temporar — fără efectuarea observaţiei. În definitiv, amatorul poate lucra — în domeniul observaţiilor solare — în următoarele direcţii:

— statistica petelor;

— urmărirea fenomenelor speciale ale petelor (eventuale erupții cromosmerice) și a transformărilor suferite de către grupurile de pete mai mari.

Beneficiind de o imensă cantitate de lumină, Soarele poate fi observat în două moduri : fie direct (cu ochiul la ocular) sau pe cale fotografică, fie prin proiecție pe un ecran adecvat.

ATENȚIUNE : ÎN CAZUL OBSERVAȚIILOR DIRECTE, SUB NICI UN MOTIV NU SE VA OBSERVA SOARELE FĂRĂ UN FILTRU ADECVAT : LUMINA ȘI CĂLDURA CONCENTRATE DE LUNETĂ PROVOACĂ DISTRUGEREA INSTANTANEE A OCHIULUI ÎN MOD IREMEDIABIL.

Cel mai bun filtru pentru observațiile solare este constituit din sticla de sudură de culoare verde sau măslinie (NU ROȘIE !) nr. 4 — pentru Soare mai palid, văzut prin ceață sau situat spre orizont — și nr. 5 pentru restul timpului. Filtrul se va așeza în spatele ocularului, la o distanță de 3—5 mm de ultima lentilă a acestuia. Pentru a evita încălzirea sa, mai ales vara, la intervale de 10—15 minute el va fi scos și lăsat să se răcească.

Pentru instrumentele mai mari, de peste 60 mm diametru, încălzirea filtrului fiind tot mai puternică și mai rapidă, luneta sau telescopul respectiv va fi diafragmat. În fața obiectivului se va așeza un carton gros de 2—3 mm în care s-a practicat o deschidere cu diametrul de 60 mm. La lunete, deschiderea va fi concentrică cu obiectivul, iar la telescoape va fi laterală, spre a evita mascarea ei de către oglinda secundară.

Date fiind relațiile *Soare-Pământ* (în care numeroase aspecte sînt încă nelămurite), observațiile statistice au o deosebită importanță. Ele urmăresc

stabilirea curbei activității solare, tradusă prin numărul și suprafața petelor solare existente în fiecare zi, numărul, aria și importanța erupțiilor cromosferice, a protuberanțelor, activitatea din coroană etc. Evident, nu toate aceste laturi sînt la îndemîna noastră, dar urmărirea activității de pete și (în cazuri mai rare) a aceleia de protuberanțe observabile la marginea discului solar nu pune probleme prea mari. Ceea ce trebuie făcut se poate rezuma astfel :

1. Se observă Soarele în fiecare zi și se notează numărul de grupuri de pete solare vizibile, precum și numărul total de pete cuprins în fiecare grup. Odată cu această operație, pentru fiecare grup se notează și clasa căreia aparține, folosind clasificarea internațională, pe care o indicăm mai jos.

CLASIFICAREA INTERNAȚIONALĂ
A GRUPURILOR DE PETE

Clasa	Descrierea aspectului vizual al grupului
A	Por izolat — fragment de penumbră sau nucleu fără penumbră — sau grup de pori.
B	Grup de pori cu structură bipolară (concentrați în două puncte principale, situate cam pe același paralel de latitudine pe discul solar).
C	Grup cu structură bipolară ; numai pata frontală sau cea codală este înconjurată de penumbră.
D	Grup cu structură bipolară, petele extreme fiind înconjurate de penumbră. Lungimea grupului, mai mică de 10 grade de longitudine pe discul solar.

(continuare)

Clasa	Descrierea aspectului vizual al grupului
E	Grup complex cu structură bipolară; lungime în longitudine cuprinsă între 10 şi 15 grade.
F	Cele mai mari grupuri de pete; structuri bipolare sau complexe şi lungimi de peste 15 grade de longitudine.
G	Grup bipolar mare, fără pete intermediare; lungimi de peste 10 grade.
H	Pată izolată, cu diametrul de peste 2°,5 cu sau fără pete mici în jur.
I	Pată similară clasei *H*, cu diametrul mai mic de 2°,5.

Clasificarea petelor solare aşa cum am dat-o mai sus este utilizată pe plan mondial. Ea a fost elaborată de către cunoscutul specialist Max Waldmeier şi are ca bază evoluţia normală a grupurilor de pete, ca şi structura cîmpurilor magnetice — acestea fiind definitorii pentru apariţia şi evoluţia petelor, de la cele mai mici pînă la acele grupuri gigantice care pot atinge şi chiar depăşi 200 000 km lungime, fiind uşor observabile cu ochiul liber, protejat de un filtru adecvat.

Observarea petelor în scopuri statistice se face cu unul şi acelaşi instrument, cu aceeaşi putere măritoare şi, pe cît posibil, de către aceeaşi persoană — fiecare avînd un mod specific de a număra petele, ca urmare a particularităţilor fiziologice şi psihologice. După ce s-a făcut observaţia şi

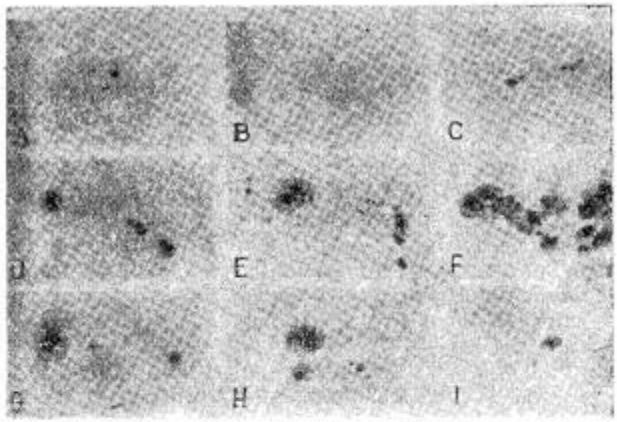


Fig. 14. Clasificarea internaţională a petelor solare

s-au notat: data şi ora observaţiei (exprimată în *Timp Universal* [T.U.], adică ora R. S. România minus două ore) cu aproximaţie de cel mult 6 minute, locul observaţiei, indicele de activitate solară sau ceea ce se numeşte de regulă „numărul relativ", se calculează cu ajutorul formulei lui Wolf — Wölfer:

$$R = k\,(10\,g + p)\,;$$

în care: R este indicele de activitate, g — numărul de grupuri de pete observat, p — numărul total de pete cuprins de grupurile observate, iar k este un indice de proporţionalitate. De regulă, pentru coeficientul k se ia valoarea 1 (unu), astfel că formula devine:

$$R = 10\,g + p$$

Subliniez că, în ce privește numărătoarea petelor, fiecare nucleu și fiecare fragment de penumbră sînt considerate ca pete distincte. Poți găsi, de pildă, o pată cu 3 nuclee înconjurate de o penumbră comună: statistic, este vorba de un grup cu 3 pete. Cu o lunetă sa cu un telescop, prin observațiile vizuale directe cam atît se poate face. Un spor substanțial îl aduce însă observarea prin proiecție a Soarelui, unde imaginea discului solar o putem fixa pe hîrtie — mă refer la locurile și contururile grupurilor de pete. Treaba aceasta nu e ușoară atunci cînd instrumentul nu este dotat cu un mecanism de orologerie: cauza este aceea că imaginea Soarelui trebuie menținută foarte exact pe un cerc trasat dinainte pe o hîrtie albă. Or, imaginea astrului se deplasează continuu, de unde necesitatea unei monturi ecuatoriale, aceea a unei orologerii etc. Iată totuși cum se procedează, mai ales că, în ciuda dificultăților, operația, chiar în lipsa orologeriei, nu este imposibilă.

Pe un ecran fixat pe lunetă, în spatele ocularului, se așază o bucată de hîrtie albă, pe care s-a trasat cu mare atenție un cerc cu diametrul de 100 mm (de fapt standardul internațional este de 250 mm). Reglînd în mod convenabil distanța ecranului față de ocular (evident, fără filtru!), vom proiecta pe cerc imaginea Soarelui exact cu același diametru și vom regla claritatea acesteia. Menținînd continuu discul solar pe cercul trasat, se conturează grupurile de pete observabile pe imagine cu multă atenție, spre a nu scăpa nici unul dintre grupuri. În continuare, se numără petele din fiecare grup și se stabilește clasa fiecăruia. *Fără a mișca hîrtia*, se lasă luneta fixă și se marchează 5—6 poziții succesive ocupate de una dintre petele observabile care, acum, se mișcă pe ecran odată cu Soarele. Aceste puncte vor fi unite cu atenție printr-o linie dreaptă, sensul ei, marcat și

el, dînd direcția de la est spre vest [1]. Este recomandabil ca urma respectivă să treacă cît mai aproape de zona centrală a imaginii, spre a evita deformările inerente ocularelor obișnuite (se utilizează cel mai slab ocular al lunetei). Despre importanța acestei linii vom vorbi ceva mai tîrziu.

Toate elementele descrise pînă aici se referă la latura pur observațională. Numărătoarea petelor este mult mai ușoară dacă în planul imaginii se mișcă repede o hîrtie albă și dacă ecranul este protejat, contra luminii difuze din jur, printr-un mijloc adecvat. Ceea ce urmează se referă la prelucrarea rezultatelor. Mai întîi, la împlinirea unei luni calendaristice, se vor calcula: totalul de grupuri și de pete observate, ca și media indicelui *R* (totalul său, împărțit la numărul de zile de observație), media de grupuri și de pete. Același lucru se va face și pe *rotații solare*. În *Anuarul Observatorului din București* se dau elementele pentru fiecare rotație solară (în raport cu Pămîntul), data începutului și alți 3 parametri. Cunoscînd data începerii fiecărei rotații solare, se vor calcula aceleași cifre ca mai sus, dar pentru intervalul de timp al fiecărei rotații solare în parte. Dacă o rotație începe de exemplu la 19 septembrie 1973, la orele 10, și se termină la 15 octombrie 1973, la orele 16, pentru calcul vor fi utilizate toate observațiile din acest interval, ținîndu-se cont și de oră. Atenție! Dacă o rotație începe într-o zi la orele 15, acest lucru nu justifică efectuarea unei observații la orele 14 — ca să fie socotită pentru rotația care se termină — și o alta la orele 16, — spre a o considera în calculul noii rotații! Valorile medii găsite vor fi înscrise în diagrame — pe luni, tri-

[1] Față de imaginea directă, cea de pe proiecție are nordul sus și estul la dreapta.

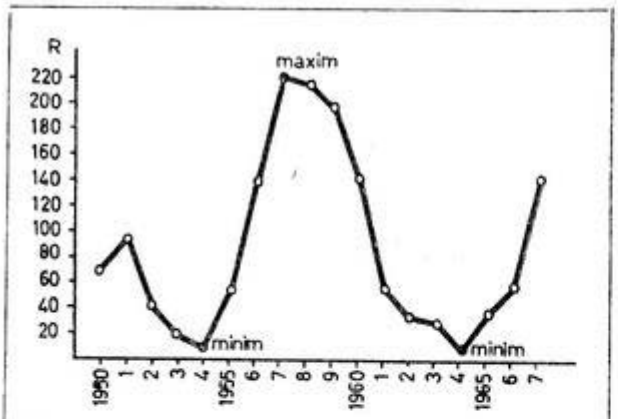


Fig. 15. Curba activității solare între anii 1950 și 1968, după observațiile efectuate de autor

mestre, ani, ca și pe rotații solare. Iată diagrama observațiilor efectuate de autorul acestor rînduri între anii 1950 (iulie) și 1968 (ianuarie), grupate pe ani (pe luni, ea nu ar fi avut loc să fie reprodusă aici). Se reliefează ușor scăderea activității solare spre minimul foarte profund din anul 1954, creșterea rapidă pînă la maximul de la finele anului 1957, revenirea la minim în 1965 și creșterea spre maximul mai puțin pronunțat din 1968.

Datele astfel obținute se trec zi de zi în caietul de observații, ele putînd fi transmise Asociației Unionale de Astronomie și Geodezie a Uniunii Sovietice. Dacă s-au folosit instrumente mai mari (cel puțin 80 mm diametru), ele pot fi trimise și *Observatorului din București al Academiei R. S. România* — Sectorul Solar. Pentru trimitere este

însă necesară o gamă mai largă de date, care pot fi obținute pe baza proiecțiilor despre care am vorbit.

Astfel, ultima operație observațională pe care am efectuat-o a fost trasarea direcției *Est-Vest*. Să trasăm acum, exact prin centrul cercului de proiecție, o perpendiculară pe această linie; capătul ei superior va arăta direcția Nord (vezi și *fig. 16*). În această etapă intervin cei trei parametri din *Anuarul Observatorului din București*, de la capitolul „Elemente pentru observații fizice ale Soarelui". Aici, după coloana datei, o coloană este marcată cu litera *P*. Pe această coloană sînt indicate valorile unghiului făcut de direcția *Nord-Sud* cu *proiecția axei de rotație a Soarelui*; acest unghi, numit unghi de poziție al axei, variază între zero grade (deci coincidență cu linia *Nord-Sud*) și $\pm 26°,34$. Dacă valoarea acestui unghi este pozitivă, ea va fi marcată cît mai exact, cu un raportor (fixat pe centrul imaginii), spre dreapta față de capătul nordic al liniei *Nord-Sud*. În cazul în care valoarea este negativă, valoarea unghiului va fi marcată spre stînga. Unind centrul cercului cu punctul marcat, adică trasînd un diametru, se obține proiecția axei de rotație a Soarelui.

Revenind la anuar, o altă coloană este marcată cu indicele B_0. Valorile înscrise aici indică paralelul de *latitudine heliografică* — adică latitudine măsurată pe globul solar — care trece prin centrul discului, în ziua respectivă, la 0^h *T. U.* (ora zero, Timp Universal). Așa cum îl vedem noi de pe Pămînt, nu întotdeauna ecuatorul solar trece prin centrul discului. De cele mai multe ori, pe aici trece un paralel oarecare, de latitudine cuprinsă între $\pm 7°,25$. Aceasta înseamnă că fie polul Nord, fie polul Sud al Soarelui este puțin întors către Pămînt. În calculul latitudinilor grupurilor de pete solare trebuie să ținem seamă de acest lucru.

Ultima coloană, marcată cu indicele L_o, indică ceea ce în limbaj de specialitate se numește *longitudinea centrului discului*. Într-adevăr, Soarele are o mișcare de rotație împrejurul axei proprii. Măsurată în raport cu stelele, rotația se numește *siderală*. Ea reprezintă intervalul de timp în care un punct de pe Soare se rotește cu 360° în jurul axei de rotație a Soarelui. Dacă socotim însă intervalul de timp în care, *văzut de pe Pământ*, același punct revine în dreptul meridianului central, măsurăm ceea ce se numește *rotație sinodică*. Aceasta trebuie luată în considerare în observații, mai precis în calculul longitudinii centrului discului, ceea ce de fapt se și face.

Fiind definit prin calcul un sistem de *coordonate heliografice* (Helios=Soare), adică un sistem de longitudini și latitudini similar celui de pe Pământ, pentru fiecare moment se poate calcula ce meridian, ce longitudine trece prin centrul discului solar, văzut de pe Pământ. Or, aici va trebui să calculăm, pentru momentul observației, ce longitudine trece prin centrul discului solar, rotunjind valoarea la grad.

Din tabelul din anuar veți observa ușor că, de la o zi la alta, valorile indicate *scad* cu cca 13°2. În anexa nr. 4 veți găsi variația de longitudine pentru diferite intervale de timp. Dacă am efectuat de exemplu o observație în ziua de 17 martie 1973 la orele 10 și 35 minute *T.U.*, în anuar găsim că în ziua respectivă, la orele 0^h *T.U.*, valoarea lui L_o era de 293°,58. Pe de altă parte, variația pentru 10^h35^m extrasă din tabel (adunînd variația pentru 10 ore cu cea pentru 35 de minute) este de 5°,8. Scăzînd această valoare din cea a lui L_o de la 0^h *T.U.*, găsim că pentru 17 martie 1973, 10^h35^m *T.U.*, valoarea lui L_o a fost de 287°,8 adică, rotunjit, 288°. Toate acestea formează

teoria măsurilor de reducere — cum se spune — a proiecțiilor, adică de extragere a datelor care ne interesează. Cum se fac însă măsurătorile?

Practic, există două posibilități. Una este aceea analitică, adică de a calcula, prin formule ale trigonometriei sferice, coordonatele heliografice ale grupurilor de pete. Operația, dacă nu dispunem de o mașină de calculat, este mult prea laborioasă și menită să fie aplicată numai în cazul observațiilor fotografice. Cea de a doua metodă este cea de citire directă a coordonatelor, în raport cu ecuatorul solar și meridianul central al discului, cu ajutorul unor rețele adecvate. În anexă sînt date 4 semicercuri, cu diametrul de 100 mm, corespunzînd la valori ale lui B_o de 0°, 2°, 4°, 6°, care, într-o poziție, corespund valorilor pozitive ale lui B_o, iar în poziție răsturnată, valorilor negative ale acestuia. Copiați pe hîrtie de calc fiecare dintre aceste semicercuri, completîndu-le prin repetarea inversă a copierii, pentru a obține rețele circulare: veți obține astfel rețelele necesare. Fiecare dintre rețele ne va da valori corecte ale latitudinii petelor solare atunci cînd valoarea reală a lui B_o va diferi de cea a rețelei cu mai puțin de 0,5 grade, în timp ce, la noi, diferențele pot atinge 1 grad. Noi le vom utiliza astfel:

Pentru val. B_0 cuprinse între plus și minus 1°: rețeaua cu $B_0=0°$
" " " " +1—+3 și —1——3; " $B_0=\pm 2°$
" " " " +3—+5 și —3——5; " $B_0=\pm 4°$
" " " " +5—+7 și —5——7; " $B_0=\pm 6°$

În acest mod comitem niște erori, cu atît mai mari cu cît ne apropiem de meridianul central al rețelei. Ele vor fi însă destul de puțin importante față de erorile de plasare a petelor pe proiecții, mai ales atunci cînd nu dispunem de mecanism de orologerie (adică de urmărire automată a astrilor) la instrumentul de observație. Erorile se vor diminua însă prin calculul mediilor coordonatelor.

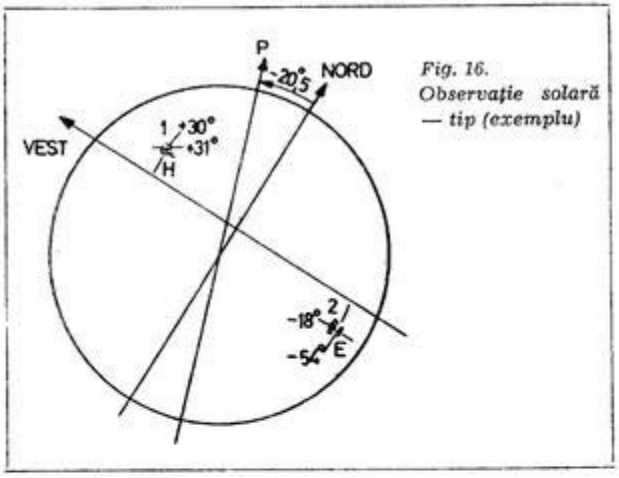


Fig. 16.
Observaţie solară — tip (exemplu)

Practic, se aplică reţeaua corespunzătoare exact peste conturul proiecţiei Soarelui, în aşa fel încît meridianul central al reţelei să coincidă cu *proiecţia axei Soarelui — nu cu linia* Nord-Sud.

Acum, aproximînd din ochi, vom citi longitudinile şi latitudinile brute ale grupurilor de pete — mai precis ale punctelor de mijloc ale fiecăruia. În *fig.* 16, longitudinea grupului de pete nr. 1 este de +30° (fiind la stînga meridianului, valoarea este pozitivă), iar latitudinea este de +31° (pozitivă, grupul fiind situat în emisfera nordică). În schimb, pentru grupul nr. 2 longitudinea este de —54° (grupul fiind situat la dreapta meridianului central), iar latitudinea este de —18°, grupul fiind situat în emisfera sudică.

În acest fel am aproximat coordonatele heliografice în raport cu ecuatorul solar şi cu meridianul central al discului. Dacă valoarea latitudinii este definitivă, cea a longitudinii trebuie însă adunată algebric cu longitudinea meridianului central. Deci pentru grupurile din exemplul de mai sus, coordonatele grupurilor de cote vor fi următoarele:

— grupul nr. 1: latitudine = +31° şi longitudine = 221°

(longitudinea centrului + longitudinea citită)

— grupul nr. 2: latitudine = —18° şi longitudine = 137°

(longitudinea centrului — longitudinea citită)

Folosind reţelele aşa cum le-am dat, spuneam că facem unele erori în determinarea latitudinilor. Ele se vor elimina însă în bună parte prin calcularea coordonatelor medii, şi anume, pentru fiecare grup de pete vom face media tuturor valorilor de latitudine şi longitudine determinate în zilele de observare a lor. Mai departe, operaţiile decurg în felul următor.

Se face o listă a grupurilor de pete observate, în care fiecare grup se trece o singură dată, *cu coordonatele sale medii*, chiar dacă el a fost observat mai multe zile. Ceea ce se mai consemnează este numărul de pete conţinut de grup în fiecare zi de observaţie, ca şi tipul său. Lista va cuprinde de altfel următoarele date: numărul de ordine al grupului, coordonatele heliografice medii, datele primei şi ultimei observaţii (la „observaţii", zilele de observaţie, cu numărul de pete conţinut şi tipul observat). Iată un exemplu concret:

Nr. grup	Long.	Lat.	1ª obs.	Ult. obs.	Observaţii
1	320°	+14°	10.03	18.03	10 : 4H ; 11 : 4H ; X ; 13 : 3H ; 14 : 5H ; 15 : 3J ; 16 : 3A ; 17 : 2A ; 18 : 2A.
2	317	—17	13.03	14.03	13 : 3B ; 14 : 2A.

Semnul „X" de la grupul nr. 1 între datele de 11 și 13 martie arată că în ziua de 12 martie nu a fost efectuată nici o observație — deci nu se știe care a fost situația grupului respectiv.

Astfel de liste vor fi făcute pentru fiecare rotație solară. Numerotarea grupurilor se face începînd cu *nr. 1* la începutul anului (începutul primei rotații solare din anul respectiv) și merge în continuare pînă la ultimul grup al ultimei rotații din acel an. Trebuie remarcat că ordinea numerotării nu ține seama de data apariției, ci de longitudinea fiecărui grup, numerotarea făcîndu-se în ordinea descrescătoare a longitudinilor. Un „rafinament" al listei va fi acela în care înscrierea observării fiecărui grup de pete se face în cîte o „căsuță", reprezentînd un interval de 13° grade longitudine spre vest, respectiv spre est de meridianul central. Aceste intervale sînt măsurate spre vest, respectiv spre est de meridianul central, și sînt delimitate astfel: 0°—13°; 13°—26°; 26°—39°; 39°—52°; 52°—65°; 65°—78°; 78°—90°. Înscrierea grupurilor în aceste intervale se va face pentru fiecare zi de observație, după longitudinea direct citită prin intermediul rețelei de măsură, fiind vorba efectiv de longitudini măsurate în raport cu meridianul central al discului solar. Un model pentru acest fel de prezentare al observațiilor îl găsiți în buletinul *Observations solaires* publicat de *Observatorul astronomic din București al Academiei R. S. România*. Astfel prelucrate, observațiile pot fi trimise la adresele indicate, dat fiind faptul că ele conțin suficiente date pentru a putea fi incluse în sintezele elaborate de centrele de observații solare.

Al doilea obiectiv al observațiilor — studierea evoluției grupurilor de pete mai importante — poate fi realizat pe două căi. Prima posibilitate, mai simplă, dar care cere un oarecare talent la desen, este aceea vizuală, în care se desenează în amănunt toate detaliile observabile ale grupurilor mari de pete, în fiecare zi de observație și chiar de mai multe ori pe zi — măcar fragmentele care suferă modificări. Procedeul este însă extrem de laborios.

Calea cea mai precisă și cu adevărat științifică, dar care cere multă atenție și perseverență, este aceea a observațiilor fotografice. Pentru aceasta să ne amintim faptul că diametrul imaginii Soarelui în focarul unui obiectiv dat măsoară cca 9 miimi din distanța focală. Pentru obiectivul nostru de 1,33 m distanță focală, imaginea măsoară deci cca 12 mm. Această imagine poate fi fotografiată pe peliculă cu granulație foarte fină — de exemplu *ORWO NP* 15. Developată în revelator pentru granulație fină (*Atomal A* 49, *Final A* 43, *Rodinal* diluat în raport 1/20), imaginea va putea fi mărită considerabil: o mărire de 15 și chiar de 20 ori poate fi privită ca rezonabilă, rezultatul fiind o imagine de cca 179, respectiv 239 mm diametru. Evident, grupurile de pete vor apărea cu atît mai clare și cu mai multe detalii, cu cît dimensiunile lor reale vor fi mai importante.

Există însă și posibilitatea de a obține imagini la scară și mai mare. Pentru aceasta, se lasă pe loc ocularul lunetei — în primul caz el era scos, fotografia fiind făcută în focar — și în camera fotografică, fără obiectiv, se va obține doar o parte a imaginii Soarelui, care, după distanța peliculei față de ocular, poate măsura 30—60 mm diametru. În asemenea condiții, detaliile obținute vor fi cu mult mai numeroase. Cauza care permite astfel de măriri — exagerate în alte cazuri — o constituie excesul de lumină: chiar trebuie luptat împotriva marii luminozități, care, de regulă, cauzează supraexpuneri și chiar inversiuni ale imaginii. Trebuie să fiți foarte atenți în protejarea perdelei cauciu-

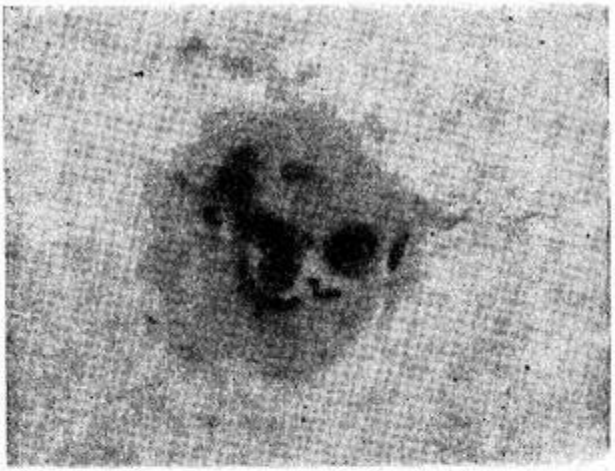


Fig. 17. Grup de pete solare fotografiat de autor

cate a aparatului fotografic cu obturator sistem perdea.

Pentru eliminarea excesului de lumină, eu am folosit cu mult succes un filtru de sudură nr. 4 — de bună calitate — pe care l-am plasat în locul obiectivului unui aparat fotografic de tip reflex monoobiectiv, ZENIT B. La o lunetă de 50 mm diametru, de tipul celei descrise în cap. II, am pus un ocular cu distanța focală de 25 mm și camera ZENIT B, fără obiectiv, avînd planul filmului la cca 65 mm de ocular. Imaginea pe care am obținut-o avea diametrul de cca 30 mm — mai mare decît lățimea imaginii (24 mm). Am renunțat deci în mod deliberat la zonele polare ale discului, lipsite de interes.

Cu un filtru de sudură nr. 4 și expuneri de 1/250 secunde pe peliculă *NP*15 am obținut imagini foarte bune pe care le developam în revelator RODINAL diluat în proporție de 1/20 (20 cm³ de revelator la 400 cm³ de apă). Detalii foarte fine însă, inegalabile ca finețe și contrast, am obținut pe o peliculă specială extrem de puțin sensibilă, și anume pe peliculă *ORWO DOKUMENTENFILM DK* 3 și *DK* 5 (3, respectiv 5 *DIN*). Asemenea peliculă se găsește în comerț, în cutii conținînd cîte 5 m de film. De asemenea, bune rezultate se pot obține pe așa-numita peliculă de sunet, utilizată în cinematografie, a cărei sensibilitate este de cca 6 *DIN*. În special pentru peliculele foarte puțin sensibile, pentru care pot fi utilizate și filtre mai slabe — filtru de sudură nr. 3 și chiar 2 (portocaliu, nu roșu!) — recomand revelatorul de mare contrast și developarea rapidă de mai jos:

— soluția A:

Metabisulfit de potasiu:	40 grame
Hidrochinonă:	40 grame
Bromură de potasiu:	8 grame
Apă, completare pînă la:	1 litru

— soluția B:

Hidroxid de potasiu:	100 grame
Apă, completare pînă la:	1 litru

Cu cel mult 15 minute înainte de developare, se amestecă părți egale din cele două soluții și se adaugă două părți apă — de exemplu 150 cm³ din soluția A, 150 cm³ din soluția B și 600 cm³ de apă. Developarea se face în 40—50 de secunde. Apoi pelicula se spală bine în curent de apă (1—2 minute), după care se face fixarea obișnuită. Se va lucra cu mănuși de cauciuc — hidroxidul de potasiu putînd provoca arsuri.

Bineînțeles, rețete — nu numai de revelatori, dar și pentru condițiile de fotografiere — pot fi date

multe, tot atît de multe ca și varietatea de instrumente și de condiții de lucru. Ceea ce garantează însă reușita este practica. La telescopul meu de 150 mm diametru, fotografia solară dă rezultate excelente pe peliculă DK3, cu filtru verde de sudură nr. 3 și expuneri de 1/500 sec, imaginea focală avînd 20 mm diametru. Cînd cerul este mai curat decît cel din centrul Bucureștilor, acești parametri conduc la clișee supraexpuse. De aceea nu se poate indica o rețetă universal valabilă, încercările sistematice ale celor care vor practica fotografia solară fiind acelea care vor hotărî asupra celor mai bune condiții de lucru. Nu vreau să indic decît cîteva lucruri în plus, și anume: fotografia solară nu se poate practica prin cîte un singur clișeu pe zi. Turbulența atmosferică — în primul rînd — poate afecta imaginea exact în momentul expunerii și reduce clișeul la o imagine total inutilizabilă. La o ședință de lucru, executați în interval de 3—5 minute minimum 10—12 clișee. Evident, acest lucru îl veți face după seria de experiențe preliminare.

Feriți-vă de vibrații: luneta poate să vibreze din diferite cauze, după cum obturatorul însuși — la aparatele cu obturator sistem perdea — poate, prin șocul loviturii la expuneri scurte, să provoace astfel de vibrații (multe clișee am stricat, pînă să remediez acest defect!

Nu vă descurajați în fața eșecurilor și nu considerați că fotografia solară este doar apanajul instrumentelor mari și perfecționate. Începeți la luneta cu obiectiv dintr-o lentilă de ochelari, prin a diafragma obiectivul la 20—25 mm și apoi cercetați sistematic toate cauzele posibile ale erorilor, tot ceea ce poate provoca neajunsuri. Instrument mare? Cu un simplu binoclu 10×50 și aparatul fotografic amintit, am fotografiat trecerea planetei Mercur în dreptul Soarelui, care a avut loc la 9 mai 1970.

La început, totul parcă merge pe dos: imagini supraexpuse, confuze, încadrare greșită ... Apoi, totul se ameliorează. Pete solare și chiar facule, faze spectaculoase ale eclipselor de Soare (cele spuse aici sînt perfect valabile și pentru ele) etc. vă vor da clipe de satisfacție perfect justificată. Nimeni nu s-a născut învățat: dar oricine poate învăța și obține rezultate dintre cele mai bune.

CAPITOLUL IV

HARTA LUNII LA ÎNDEMINA TUTUROR

La drept vorbind, mi se pare puțin potrivit ca acum, la un interval de timp destul de îndelungat după ultimul zbor al programului Apollo, să vorbim despre elementele esențiale caracteristice Lunii — relief, condiții fizice, atît de binecunoscute. Și totuși, un fel de fișă prescurtată se impune, cu atît mai mult cu cît este necesară o bază de plecare pentru cele ce se cer efectiv spuse. De aceea voi reaminti faptul că Luna, unicul satelit natural al Pămîntului, gravitează în jurul planetei noastre la o distanță medie de 384 400 km, completîndu-și orbita în 27 de zile, 7 ore, 43 de minute și 11,5 secunde. Aceasta este perioada de revoluție *sideral*ă, adică timpul necesar Lunii ca să treacă de două ori consecutiv în dreptul aceleiași stele. Perioada necesară satelitului ca să treacă prin toate fazele, adică să revină în aceeași poziție în raport cu Soarele și Pămîntul, este, în schimb, de 29 de zile, 12 ore, 44 de minute și 2,8 secunde: intervalul se numește durată de revoluție *sinodică*.

Fizic, Luna este un glob aproximativ sferic care măsoară 3474 km diametru — adică 0,272 din diametrul planetei noastre — și are o masă de 1/81,30 din masa Pămîntului; de aici rezultă o densitate medie de 3,34 g/cm^3 sau 0,606 din densitatea medie a planetei noastre. O durată de rotație împrejurul axei proprii riguros egală cu cea a revoluției siderale face ca astrul nopții să întoarcă spre Pămînt una și aceeași emisferă.

Cînd Galilei a îndreptat luneta sa spre Lună, imaginii atît de sărace în detalii pe care o aveau oamenii de milenii i s-a substituit o alta, cuprinzînd o uriașă cantitate de amănunte ale reliefului. În amalgamul de cratere și de munți, de crăpături și platouri, observatorii au simțit repede nevoia de a se putea orienta, de a poseda hărți cît mai precise ale acestei lumi cosmice. Și chiar Galileo Galilei a executat numeroase desene, în care a căutat să fixeze cît mai bine măcar unele dintre detaliile revelate de micile sale instrumente. De aceea nu va mira pe nimeni faptul că primele hărți nu au întîrziat să apară: harta lui Christoph Scheiner (1575—1650), a lui Jan Hevelius (1611—1687) și a lui Domenico Cassini (1625—1712) au apărut începînd din 1614. De fapt, cu toate imperfecțiunile sale, prima hartă a Lunii a fost elaborată de Thomas Hariott (1560—1621), prin observațiile efectuate la 12 și 13 septembrie 1610. (Harta a fost recent descoperită în arhivele engleze.) Primele denumiri ale formelor de relief care au rămas pînă astăzi sînt cele care apar pe hărțile lui Riccioli, Grimaldi, De Rheita și Hevelius, lucrate în anii 1640, 1645 și 1647.

Au trecut de atunci mai bine de trei secole; de abia în anii noștri s-a reușit ca hărților din ce în ce mai exacte ale emisferei vizibile de pe Pămînt a Lunii să li se adauge primele documente referitoare la emisfera opusă. Începută de sondele spa-

ţiale sovietice *Luna* 3 şi *Zond* 3, această acţiune a fost continuată de agregate spaţiale sovietice şi americane. Primii oameni care au văzut efectiv diferite regiuni ale reversului selenar au fost membrii echipajului cosmic *Apollo* 8 — Frank Borman, James Lovell şi William Anders — care, în ultimele zile ale lunii decembrie 1968, au ocolit Luna de 10 ori, apropiindu-se de ea pînă la cca 112 kilometri.

Deceniile care au trecut de la începutul secolului nostru au adus perfecţionări substanţiale în elaborarea unor hărţi amănunţite ale feţei vizibile de pe Pămînt a Lunii. Observaţia vizuală şi desenul au fost înlocuite de fotografie, în timp ce calitatea de hartă a fost împlinită prin introducerea unui sistem riguros de coordonate selenografice (Selene=Luna), similar coordonatelor geografice. Şi dacă ochiul liber nu permite decît observarea detaliilor care măsoară cel puţin 200—250 km (în cazurile cele mai fericite), marile hărţi fotografice ale emisferei vizibile de pe Pămînt a Lunii — *Photographic Lunar Atlas* (Kuiper, 1960), *Consolidaded Lunar Atlas* (Kuiper, 1967) etc. — conţin toate amănuntele care măsoară mai mult de 400 de metri, în timp ce pentru unele zone detaliile cuprinse sînt chiar mai mici.

S-a spus că debarcarea omului pe Lună, aducînd informaţii de o nepreţuită valoare, a complicat problema satelitului nostru natural. Da şi nu. Afirmaţia este valabilă în sensul trecerii de la etapa unor ipoteze mai largi, cu caracter de aproximaţie, la aceea a precizării acestora, a confirmării sau infirmării lor şi intrarea în domeniul cercetării amănunţite, a scrierii istoriei Lunii, nu în 10, ci în 800 sau 1 000 de pagini. Ceea ce este însă cert este faptul că Luna nu mai constituie astăzi un capitol de 10% sigur şi 90% ipoteze — ci poate invers — de la distanţa şi forma satelitului natural al Pămîntului la constituţia stratului superficial şi chiar a structurii interne a globului selenar.

Studierea la faţa locului a reliefului selenar a confirmat vederile anterioare privind varietatea acestuia, atît ca forme, cît şi ca natură. Astfel, craterele, lanţurile muntoase, crăpăturile sînt elemente specifice Lunii. Ceea ce s-a modificat în cunoştinţele anterioare este concepţia cu privire la relieful „mărilor", a cărui planeitate s-a dovedit doar aparentă. În realitate, un imens număr de cratere mici — de la 10—15 m la cîteva zeci de centimetri diametru — brăzdează suprafaţa mărilor.

Trebuie remarcat de asemenea că pe reversul satelitului nostru natural mările sînt foarte puţine şi mici; chiar acelea care există au şi un alt caracter, ceea ce le-a adus numele de thalassoizi. Pentru ele, caracteristice sînt formele cvasicirculare şi bordarea lor cu catene muntoase. O explicaţie pentru thalassoizi a fost dată de astronomii americani. Astfel, W. Hartman şi F. Yale consideră că aceştia s-au format acum cel mult 4 miliarde de ani, prin ciocniri cu meteoriţi gigantici, fenomene care duc şi la procese de rupere concentrică a scoarţei cu ieşirea magmei la suprafaţă, formarea de rupturi şi de inele muntoase etc. Tema preocupărilor actuale o constituie alcătuirea generală internă a satelitului — legată, de fapt, de istoria sistemului solar — unele forme de relief aparte, abaterile de la cîmpul gravitaţional normal şi cauzele lor etc., adică amănuntele tipice, recent descoperite.

Total deosebită de istoria rocilor terestre, istoria celor selenare cuprinde două etape mari: o primă fază, chimică şi mineralogică, avînd ca rezultat sinteza rocilor, a avut loc în urmă cu peste 3,5 miliarde de ani, după care macroprocesele chimice au încetat. Cea de a doua fază a fost ca-

racterizată doar de procese fizice. După solidificare, rocile lunare au fost supuse unor acțiuni specifice pur fizice, cu totul altele decît cele care au acționat asupra rocilor terestre. Este vorba în primul rînd de acțiunea vîntului solar care, împreună cu ciocnirile directe cu meteoriți și micrometeoriți, particule nucleare și radiații de tot felul, formează niște tipuri de ciocniri caracteristice Lunii. La aceasta trebuie adăugată expunerea permanentă a rocilor la vidul spațiului cosmic; deosebirea evoluției rocilor selenare față de aceea a rocilor terestre este cu atît mai evidentă cu cît microacțiunea fizică și chimică este permanentă, continuînd să se manifeste și în prezent.

Încă de la prima debarcare a oamenilor pe Lună, au fost remarcate două tipuri de geneză a rocilor selenare: pe de o parte aceea a rocilor cu grăunții fini sau de mărime mijlocie, care la origină au fost probabil lavă, iar pe de altă parte aceea a brecciilor — conglomerate de fragmente cimentate, de mase sticloase, care rezultă probabil din compactizarea fragmentelor și prin ciocniri (fragmentele fiind ejectate prin impacte meteoritice). Și tot din punct de vedere fizic, existența fierului, a sulfurii de fier *(FeS)*, a ilmenitului (substanță de culoare negricioasă, formată din oxid de fier și oxid de titan) și absența fazelor hidratate sugerează faptul că rocile cristaline s-au format sub presiuni foarte reduse, parțiale ale oxigenului, vaporilor de apă și sulfului, fără a considera că pe Lună au existat cantități apreciabile de apă.

Ca factor fizic, eroziunea există și pe Lună: ea este observată prin efectul de rotunjire a colțurilor de rocă direct expuse la suprafață. La toate tipurile de roci selenare recoltate de la suprafața satelitului au fost remarcate efecte de șoc, provocate atît de particulele de natură meteoritică,

cît și de cele nucleare, provenite în special din vîntul solar, ceea ce confirmă spusele de mai sus.

Fenomenul de șoc și metamorfoza datorită impactului sînt evidențiate și de compoziția chimică deosebită de la o regiune la alta și de la un tip de rocă la altul. De exemplu, titanul sub formă de oxid (TiO_2) se găsește în proporție de 12%—13% în roci și numai de 7%—8% în breccii și în pulberi. Se remarcă o abundență de elemente refractare — titan și zirconiu — în comparație cu elementele alcaline, mult mai rare decît în rocile terestre (*Apollo* 12, *Luna* 16, *Lunahod* 1 și 2). Descoperiri importante sînt legate de prezența anorthozitei — roci deschise la culoare, albicioase sau ușor colorate, bogate în oxizi de calciu, aluminiu, siliciu și feldspat (70—90%), care conțin puțină olivină și piroxen. Tot din punct de vedere mineralogic prezintă o deosebită importanță descoperirea clinopiroxenului — silicat de fier și magneziu, cu concentrații variate de calciu, aluminiu, titan și mangan. Substanța diferă sensibil de clinopiroxenul terestru, prin legarea de cristalele de piroxen a unor silicați cu un conținut de fier deosebit de mare; compoziția chimică cuprinde 45% siliciu, 45% oxid de fier, 5—6% oxid de titan, iar în rest mangan, magneziu, fosfați, compuși de crom și nichel etc. După părerea specialiștilor, prezența anorthozitei în mai toate regiunile studiate s-ar datora existenței sale în strat gros, sfărîmăturile reprezentînd rezultate ale impactelor meteoritice, ale căror efecte s-ar fi manifestat și asupra acestei pături minerale.

Una dintre cele mai importante operații pe calea studierii rocilor selenare aduse pe Pămînt o reprezintă datarea, adică stabilirea vîrstei lor, pentru a putea determina astfel vechimea Lunii ca astru. Această operație se face prin mai multe metode, bazate pe radioactivitatea unor elemente.

Cele mai importante metode utilizate sînt cele bazate pe dezintegrarea *rubidiului 87*, care dă — prin acest proces — *stronţiu 87*. Alte metode, ca de exemplu cele cunoscute sub numele de: potasiu 40 — argon, uraniu — plumb, conduc la rezultate similare.

În principiu, metoda *rubidiu 87 — stronţiu 87* constă în măsurarea exactă a cantităţilor de rubidiu şi stronţiu existente în rocă şi, concomitent, în determinarea, cu erori mai mici de 10^{-4}, a raportului dintre cantităţile de *stronţiu 87* şi *stronţiu 86* prezente în acelaşi eşantion. Determinările făcute pînă acum conduc la vîrste importante: unele pulberi colectate de echipajele *Apollo* 15 şi 16 au vîrste de cca 4,2—4,6 miliarde de ani, fiind pînă în prezent printre cele mai vechi materiale colectate de acolo. Alte roci sînt însă mult mai „tinere", vîrsta lor fiind mai mică de 3,6 miliarde de ani. Toate aceste cifre atestă însă că vîrsta Lunii nu diferă prea mult de cea a sistemului solar însuşi — vîrsta Soarelui fiind evaluată la 5—5,5 miliarde de ani, iar aceea a planetelor doar cu puţin mai mică.

Proprietăţile fizice ale solului selenar variază după regiune. În general, el este acoperit cu o peliculă de pulbere (uneori cu remarcabile proprietăţi de aderenţă) care nu depăşeşte 5—10 cm grosime decît cu totul incidental. Această pulbere acoperă în regiunile „mărilor" un strat de sfărîmături mai mari, dar care lasă repede loc unor roci de mare duritate ce nu mai pot fi străpunse chiar atît de uşor: astronauţii navelor *Apollo* 14 şi 15 au întîmpinat serioase dificultăţi în executarea unor carotaje. În schimb, în regiunile muntoase, această pulbere este considerabil mai puţină, iar duritatea este întîlnită la adîncimi mult mai mici.

O particularitate a multora dintre zonele superficiale ale Lunii o constituie culoarea întunecată a pulberilor şi a unor roci de suprafaţă. Explicaţia a fost găsită prin experienţe de laborator. O serie de eşantioane de silicaţi au fost supuse bombardamentelor cu protoni de energii medii, aidoma celor din vîntul solar obişnuit: după cîteva ore, în porţiunile bombardate s-a observat o întunecare — ceea ce, totuşi, nu constituie decît o explicaţie parţială. Fenomenul este, cu siguranţă, mult mai complex.

Pentru explicarea existenţei unor grăunţe de natură sticloasă, au fost întrevăzute unele ipoteze îndrăzneţe. De exemplu, considerînd că crearea acestor picături sticloase nu se poate pune exclusiv pe seama meteoriţilor prin ciocniri cauzatoare de temperaturi înalte, astronomul Gold (S.U.A.) a emis o părere aparte: o gigantică erupţie solară. El consideră că în urmă cu cca 30 000 de ani, Soarele ar fi fost sediul unei supererupţii cromosferice care, pentru un interval de timp de cîteva secunde, ar fi provocat sporirea radiaţiei globale a astrului pînă la aproximativ 100 de ori faţă de cea normală.

Pămîntul, formele sale de viaţă, nu au fost afectate de această formidabilă creştere a radiaţiei, graţie învelişului atmosferic — extrem de valoros ca mediu protector. Solul selenar, lipsit total de protecţie, a primit în plin complexul de radiaţii, de unde şi vitrificarea unor granule direct expuse. Gold arată că în sprijinul ipotezei sale vine şi faptul că asemenea „picături de sticlă" au fost găsite pe proeminenţe ale solului *(Apollo* 11 şi 14) de pe versanţii cu aceeaşi orientare.

De natura picăturilor sticloase trebuie apropiată şi prezenţa tectitelor — un fel de picături sticloase — găsite pe Pămînt, prin Australia, R. S. Cehoslovacă şi Statele Unite, ale căror vîrste sînt de

ordinul a 700 000 de ani (australitele), 15 și respectiv 34 de milioane de ani pentru cele din R. S. Cehoslovacă (moldavitele) și S.U.A. Se consideră că aceste „lacrimi de Lună", cum au mai fost numite tectitele, au ajuns pe Pămînt ca rezultat al expulzării lor de pe Lună, în urma exploziilor provocate de prăbușirea unor mari meteoriți pe solul selenar. De exemplu, pentru tectitele din Australia s-a constatat o similitudine a compoziției chimice cu aceea a solului selenar în regiunea craterului Tycho, determinată de sonda americană *Surveyor* 7. În același timp s-a scos în evidență că aceste picături au suferit două încălziri, separate printr-o puternică răcire : explicația poate fi aceea a topirii lor inițiale, urmată de răcire în spațiul interplanetar și o nouă încălzire la traversarea atmosferei terestre.

Abundența de date obținute în ultima vreme, grație sondelor automate și aselenizărilor umane, a determinat organizarea unor conferințe anuale pentru prezentarea ipotezelor și rezultatelor globale. Astfel, cu începere din anul 1970, la Houston (Texas — S.U.A.) au avut loc asemenea conferințe, care au analizat materialele obținute pînă la momentele respective. Ceea ce s-a desprins la conferința din 1972 este, printre altele, faptul că astăzi dispunem de hărți fotografice ale Lunii care cuprind, pentru mai bine de 84%, detalii de ordinul a 0,7 m și denivelări măsurînd cel puțin 3 m diferență de nivel față de regiunile vecine. Pe această bază și corelat cu măsurătorile laser, s-a putut stabili că Luna are o formă cvasisferică, cu raza de 1 737 km, al cărei centru de masă este deplasat cu 2 km față de centrul geometric, pe direcția spre munții selenari Taurus (latitudine 28° Nord și longitudine 43° Est — coordonate selenografice), adică spre un punct situat în cadranul de nord-est al discului selenar, văzut de aici (după

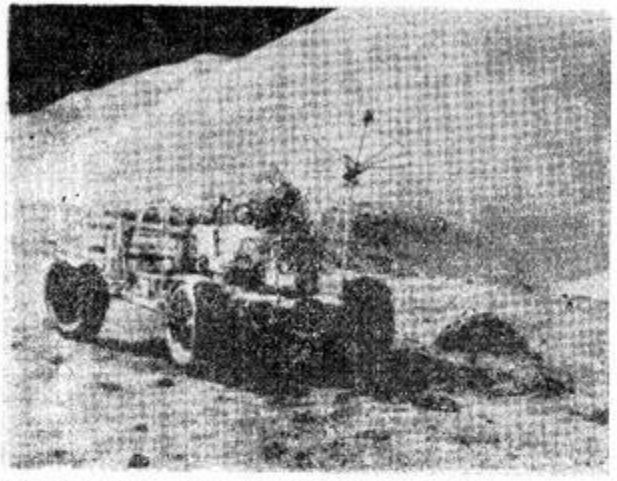


Fig. 18. Jeep-ul Apollo 15, lîngă crăpătura Hadley, pe Lună

noua orientare, astronautică). Spre centrul emisferei invizibile de pe Pămînt a Lunii se află o gigantică depresiune care are cca 6 km adîncime și peste 300 km diametru ; rezultă că, pe direcția Pămîntului, diametrul Lunii este mai mic decît pe o direcție perpendiculară. La aceasta se adaugă și „planeitatea" din oceanul Furtunilor unde, pe o arie de cca 200 km diametru, nu există diferențe de nivel mai mari de ± 80 m.

Rezultate deosebit de interesante au fost obținute prin studiul crăpăturii Hadley, în vecinătatea căreia a aselenizat echipajul cosmic *Apollo* 15. Situată la poalele munților Apenini, crăpătura a permis un studiu pe adîncime a scoarței selenare. Astfel s-a pus în evidență mai întîi existența unui

strat superficial de regolit, gros de cca 1—2 m, adică un strat compus din roci sfărîmate, pulberi și granule de diferite mărimi, sudate prin acțiunea vîntului solar. Sub acest strat se găsește o rocă de culoare întunecată — ocazional situată aici — groasă tot de 1—2 m, care acoperă la rîndul ei un strat de bazalt avînd grosimea de ordinul a 20 de m.

O metodă ingenioasă de sondaj a structurii scoarței lunare este aceea cunoscută sub numele de *radar bistatic*. Ea se bazează pe compararea impulsurilor radioelectrice lansate de la bordul unei nave-satelit a Lunii. Unele impulsuri sosesc direct la stațiile de recepție terestre, în timp ce altele sosesc după reflexia lor la diferite adîncimi în scoarța Lunii. Așa s-a constatat schimbarea proprietăților structurale la adîncimi de cca 23 de m, deci tocmai în zona subbazaltică, pusă în evidență în crăpătura Hadley.

Caracterul deosebit al studiilor selenare contemporane nu este dat numai de multilateralitatea analizelor straturilor direct accesibile, dar și de cercetarea structurii interne a Lunii. Faptul cel mai surprinzător a fost acela al rezonanței de gong a Lunii, pe durate de pînă la 4 ore și chiar mai mult, ca urmare a microseismelor artificiale provocate de ciocnirea cu solul selenar a ultimelor trepte ale rachetelor *Saturn V* și a unora dintre etajele ascensionale ale modulilor lunari *Apollo* 11, 12, 14 etc. Din acest punct de vedere, Zdenek Kopal consideră că structura internă a Luni trebuie să fie aceea a unui corp rigid, avînd un nucleu foarte mic (raza: cca 770 km), cu o temperatură superioară celei de topire a bazaltului. Dimensiunile reduse ale acestui nucleu sînt confirmate și de valoarea redusă a cîmpului magnetic lunar, care reprezintă numai 10^{-4} din intensitatea cîmpului magnetic terestru, sau 5 unități gamma. În trecut, situația pare să fi fost considerabil deosebită — dovadă magnetismul remanent (de cîteva sute de unități gamma), al unor roci solidificate cu milioane de ani în urmă, ca și unele anomalii magnetice descoperite în ultimii ani.

Cercetarea structurii interne a Lunii se face și acum cu ajutorul seismografelor instalate de echipajele *Apollo*. Cu un număr minim de 3 stații se pot determina epicentrele cutremurelor naturale — destul de puține dealtfel — ca și ipocentrele (punctele din interiorul Lunii unde iau naștere undele seismice) acestora. Un epicentru a fost descoperit în punctul de longitudine selenografică de 20° Vest și latitudine de 20° Sud, lîngă craterul Bullialdus; ipocentrul se află la nu mai puțin de 800 km adîncime. Cu ajutorul acestor seismografe se face studierea vitezei de propagare a undelor seismice. În acest fel, a fost pusă în evidență o neuniformitate: creșterea gradată a vitezelor prezintă discontinuități la adîncimi de 25 și 65 km, ceea ce denotă și schimbări compoziționale; în particular, scoarța propriu-zisă ar avea 65 km grosime. După Toksöz, stratul de suprafață — scoarța — are o natură bazaltică; cel mediu ar consta (în special) din anorthozită, iar cel inferior, probabil din olivină.

Toate acestea constituie precizări importante în studiul Lunii; ele reprezintă însă și complicații neprevăzute ale problemelor fundamentale. Întrebarea de fond — care este originea Lunii — a rămas încă fără răspuns. „Fiică a Pămîntului" susțin unii autori; „astru format independent" spun alții. În septembrie 1972, H. Alfvèn și G. Arrhenius, atrăgînd atenția asupra disproporției dintre raporturile de mase între sateliții celorlalte pla-

nete şi planetele lor, faţă de raportul de masă dintre Pămînt şi Lună, au emis ipoteza că:

— Luna s-a format ca *planetă* în preajma orbitei Pămîntului, fără să putem preciza dacă acest eveniment a avut loc în afara sau în interiorul orbitei terestre, înainte sau după formarea planetei noastre;

— este foarte probabil că materialul de formare al Lunii a fost — chimic vorbind — mult diferit faţă de cel din care s-a format planeta noastră; Luna s-a format însă ca astru rece şi a atins o temperatură maximă cînd ea avea cca 80% din raza actuală, spre deosebire de planeta noastră, formată cu o zonă exterioară fierbinte;

— Luna a fost captată de Pămînt, ca urmare a unor repetate apropieri cauzate de intersectarea orbitelor;

— Pămîntul *a avut un grup de cca 6 sateliţi mici* (idee total nouă) sau chiar mai mulţi; unii dintre ei au fost distruşi de forţele maregene ale planetei, dar resturile lor, ca şi cei rămaşi pe orbita circumterestră, s-ar fi ciocnit cu Luna, cauzînd apariţia „mărilor" şi a acelor mase îngropate, responsabile de anomaliile gravitaţionale ce au fost detectate. Este vorba de „masconi" — prescurtare a expresiei *mass condensation* (engl. condensare de masă) — a căror depistare a pus serioase probleme selenologilor, ca şi astronauţilor, în calcularea traiectoriilor sondelor satelizate în jurul Lunii.

Masconii au fost depistaţi prin analiza traiectoriilor sateliţilor artificiali ai Lunii: la trecerea acestora pe deasupra unora dintre mări, acţiunea gravitaţională a Lunii se manifesta mai intens, ca şi cum în solul lunar s-ar fi găsit nişte mase perturbatoare. Asemenea perturbaţii au fost constatate deasupra mărilor rotunde (thalassoizii) — marea Crizelor, marea Orientală, marea Seninătăţii, marea Ploilor — şi niciodată deasupra regiunilor continentale.

Natura masconilor a generat numeroase ipoteze; cea reţinută ca fiind mai probabilă este aceea care afirmă că în aceste locuri, la adîncimi de ordinul a 50 km, se găsesc îngropate mase considerabile cu diametre de 50—200 km, ale căror densităţi sînt superioare celei a straturilor înconjurătoare. Aceste incluziuni ar proveni din prăbuşirea unor meteoriţi de mari dimensiuni: H. Urey susţine, dealtfel, că thalassoizii ar fi chiar rezultate ale acestor prăbuşiri.

Lucrările recente au condus şi la rezolvarea definitivă a problemei atmosferei Lunii. Aceasta nu există: presiunea ei este de cca $1 : 10^{13}$ din presiunea atmosferică terestră la nivelul mării, ceea ce reprezintă de fapt un vid extrem de înaintat. Singurele ocazii cînd cu totul temporar presiunea este ceva mai ridicată, cu un ordin sau două de mărime şi numai în zone strict limitate, sînt acelea cînd se produce cîte o emanaţie gazoasă de oxid de carbon, bioxid de carbon şi bioxid de sulf — ca acelea înregistrate în 1958 şi 1959 în regiunea craterului Alphonsus sau în interiorul craterului Aristarch. Alte creşteri de presiune, tot de scurtă durată, au fost înregistrate în preajma modulilor lunari — gazele emanate de motoarele lor, cele evacuate din interior înaintea ieşirii cosmonauţilor (atmosfera din modul) — sau chiar la... nivelul costumelor cosmonauţilor; în rest, nici măcar vîntul solar nu este capabil să creeze o atmosferă selenară, în afară de cîteva zeci sau sute de protoni pe cm^3.

Făcînd o sinteză sumară, Luna se confirmă a fi un astru cu totul inospitalier. Lipsa atmosferei şi a apei, variaţiile de temperatură — între +130 °C

și —150 °C — fac imposibilă viața pe Lună, ca formă stabilă. Un relief arid, cu mii și mii de cratere, crăpături și falii, lanțuri muntoase etc., totul acoperit cu pulberi și supus continuu bombardamentului vîntului solar și al altor radiații venite din spațiu — aceasta este Luna, văzută la ea acasă...

Chiar în condițiile contemporane, cînd oamenii au vizitat satelitul în repetate rînduri, cînd sateliții artificiali ai Lunii sau automatele mobile studiază Luna, astronomul amator poate întreprinde unele observații care să prezinte interes științific. Față de cerințele actuale și prin prisma utilajului care stă la dispoziția noastră, principalele obiective în observarea Lunii pot fi enunțate astfel:

a) Supravegherea sistematică a unor zone susceptibile de a fi sedii ale unor fenomene tranzitorii: emisiuni gazoase cu un grad oarecare de opacitate, puncte strălucitoare de scurtă durată etc. O astfel de acțiune necesită instrumente de cel puțin 100—120 mm diametru și de foarte bună calitate.

b) Urmărirea eclipselor de Lună — mai ales a celor totale — pentru studierea coloraturii și intensității umbrei Pămîntului, ca și a intensității globale a acesteia, prin determinarea magnitudinii stelare globale a Lunii eclipsate.

c) Urmărirea eclipselor de Soare, pentru determinarea exactă a momentelor contactelor aparente ale discului Soarelui cu cel al Lunii.

d) Studierea intumescențelor selenare — acele forme de relief ce seamănă mult cu vulcanii terestri — în eventualitatea depistării unor posibile fenomene de natură vulcanică. Subiectul este însă accesibil numai posesorilor unor instrumente de cea mai bună calitate și avînd diametrul de cel puțin 200 mm.

e) Observarea ocultațiilor de stele și planete cauzate de Lună.

Indiferent de obiectiv, observarea Lunii presupune o bună cunoaștere a topografiei selenare. De aceea, în *fig. 19* am dat o hartă dublă, care poate fi copiată cu ușurință pe una și aceeași foaie de calc, spre a fi reconstituită. În același timp, față de posibilitatea de a fotografia Luna cu rezultate cu atît mai bune cu cît dispunem de un instrument mai mare, este cazul să arătăm că se poate întrevedea și o lucrare mai de amănunt: aceea a elaborării unei mici hărți fotografice a Lunii — lucrare ambițioasă, care cere multă răbdare, atenție și... perseverență.

Singurul impediment în fotografierea Lunii este faptul că, față de intensitatea luminoasă relativ scăzută a satelitului, duratele de expunere nu mai pot fi atît de scurte, încît deplasarea diurnă de la răsărit la apus să mai poată fi neglijată. De exemplu, în cazul lunetei cu obiectiv de 1 330 mm distanță focală (unde imaginea Lunii măsoară în focar cca 12 mm) sîntem forțați de împrejurări să reducem timpul de expunere la cel mult 1/10 secunde, pentru ca clișeele să aibă o „glisare" de cel mult 0,01 mm, sau, în secunde de arc, de cca 1,5 secunde. Or, în aceste condiții, pelicula cea mai convenabilă (la luminozitatea obiectivului nostru — F/D = cca 29,6) trebuie să aibă o sensibilitate de cel puțin 20 DIN (pentru Luna plină); în cazul fazelor mai mici, sensibilitatea va trebui să fie și mai mare, adică de cca 23 sau 27 DIN, cu developare *impusă* în revelatori pentru grăunte fin. Iată dealtfel, cu titlu *pur orientativ*, un tabel pentru cîteva luminozități de obiective și sensibilități de peliculă, timpurile de expunere optime